



**EMANUEL DA SILVA
PAIS**

**PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO EM SANEAMENTO BÁSICO**



**EMANUEL DA SILVA
PAIS**

**PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO EM SANEAMENTO BÁSICO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Armando Baptista da Silva Afonso, Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Prof. Doutora Margarida João Fernandes de Pinho Lopes
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Susana Maria Melo Fernandes Afonso Lucas
Professora Adjunta Convidada da Escola Superior de Tecnologia do Barreiro do Instituto Politécnico de Setúbal

Prof. Doutor Armando Baptista da Silva Afonso
Professor Associado Convidado da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Esta é fase em que pretendo deixar o meu agradecimento às pessoas que me ajudaram ao longo desta caminhada.

Em especial ao professor Silva Afonso por ter sido o principal impulsionador para a concretização deste trabalho. O seu apoio, dedicação e orientação estiveram sempre presentes ao longo da realização desta dissertação. Mas sobretudo, quero enaltecer a sua disponibilidade, que foi incondicional ao longo destes meses de trabalho.

Agradeço à minha namorada Tânia Lopes por todo o apoio, compreensão e dedicação nesta minha caminhada, pois sem o seu contributo a conclusão da dissertação seria um processo mais moroso.

A todos os meus amigos, em especial ao Hélder Pereirinha e ao Carlos Eiriz, agradeço a amizade, companheirismo e todo o apoio ao longo desta caminhada.

Palavras-chave

Saneamento Básico, Resíduos de Construção e Demolição (RCD), Reciclagem.

Resumo

Os recursos naturais do planeta onde vivemos são finitos, logo, cabe a todos os seus habitantes a preservação desses mesmos recursos, porém e apesar disso a humanidade tem ignorado este facto.

O sector da construção representa um dos maiores e mais activos sectores da União Europeia (UE), consumindo mais matérias-primas e energia do que qualquer outra actividade económica. Da mesma forma, os resíduos das suas actividades constituem a grande maioria dos resíduos produzidos em toda a UE.

A necessidade de mudar levou à publicação de legislação, nomeadamente o Decreto de Lei n.º 46/2008 de 12 de Março, de modo a regular a gestão de resíduos de construção e demolição. Com o aparecimento deste regulamento todos os intervenientes do sector da construção têm um papel preponderante. Com a responsabilização de todos os intervenientes, surge o conceito da Demolição Selectiva / Desconstrução. A Demolição Selectiva / Desconstrução permite que o resultado final de uma obra de construção, demolição ou reabilitação não seja um amontoado heterogéneo de resíduos, cujas oportunidades de reaproveitamento são mínimas.

Este conceito surge como um conceito inovador que quando aplicado aos sistemas de saneamento básico, apresenta-se como uma solução que permite obter menor heterogeneidade no conjunto dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD). Portanto, permite assim aumentar a reciclagem da parte mais fácil de reciclar deste fluxo de resíduos, ou seja a fracção inerte, permitindo ainda obter uma redução do volume de resíduos para aterro.

Neste sentido é necessário a definição de procedimentos de Demolição Selectiva destes sistemas, assim como definir algumas estratégias e desafios que permitam aumentar o número de obras em que o conceito seja aplicado.

Para além de tudo isto, neste trabalho tentaram-se ainda definir alguns dos principais métodos de valorização dos resíduos provenientes das actividades de Construção e Demolição Selectiva / Desconstrução dos sistemas de saneamento básico, nomeadamente métodos de reciclagem dos mesmos.

Keywords

Basic Sanitation, Construction and Demolition Waste, Recycling.

Abstract

The natural resources of the planet where we live are finite, so, it is up to our population to preserve these resources, despite the fact it has been previously ignored by humanity.

The construction industry represents one of the largest and most active sectors of the European Union (EU), consuming more raw materials and energy than any other economic operation. In the same way, the extravagance of their activities constitute the vast majority of waste produced across the EU.

The need for change led to the publication of legislations, namely Decree Law n.º 46/2008 of 12 March, in order to regulate the management of construction and demolition waste. With the appearance of this regulation all those involved in the construction sector have a role. With the responsibility of all stakeholders, comes the concept of Selective Demolition / Deconstruction. The Selective Demolition / Deconstruction allow the final result of a construction, demolition or rehabilitation is not a varied pile of waste, of which the opportunities for recycling are minimal.

This concept comes as an innovate idea when applied to basic sanitation systems, it is represented as a solution that allows for heterogeneity in the lower range of the Construction and Demolition Waste. This will increase the recycling process most viable to re-use this waste stream that is the fraction of inert, while allowing a reduction in the volume of waste to landfill sites across the EU.

In this sense the definition of procedures for Selective Demolition of these systems, and to define some strategies and challenges for increasing the number of works in which concept is applied.

Beyond all this, the study attempts to further define some of the principal methods of treating the waste from the activities of Construction and Selective Demolition / Deconstruction of basic sanitation systems, especially methods for recycling them.

ÍNDICE

Índice	i
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	vii
Simbologia	ix
1. Introdução	1
1.1 Considerações Preliminares.....	1
1.2 Âmbito da Dissertação e Objectivos	3
1.3 Organização da Dissertação.....	4
1.4 Método de Investigação.....	5
2. Estado da arte	7
2.1 Introdução.....	7
2.2 Enquadramento Legal do Tema.....	7
2.3 Tipo de Resíduos Provenientes de Redes de Saneamento Básico.....	9
2.3.1 Generalidades	9
2.3.2 Enquadramento Nacional	9
2.3.3 Composição e Classificação dos RCD	11
2.3.3.1 Classificação de acordo com o Tipo de Obra	11
2.3.3.2 Classificação de acordo com o Tipo de Material.....	12
2.3.3.3 Classificação segundo o Destino Final do Resíduo	12
2.3.4 RCD em Redes de Saneamento Básico.....	13
2.3.4.1 Generalidades.....	13
2.3.4.2 Execução de Redes de Saneamento Básico	13
2.4 Destinos Ambientalmente Correctos para os Resíduos.....	15
2.4.1 Generalidades	15
2.4.2 Reciclagem dos Resíduos de Construção e Demolição	15
3. Componentes em Redes de Saneamento Básico	19
3.1 Introdução.....	19
3.2 Materiais aplicáveis em Redes de Saneamento Básico	19
3.2.1 Notas históricas	19
3.2.2 Tubagens Metálicas.....	25
3.2.2.1 Aço.....	26
3.2.2.2 Ferro Fundido Cinzento	26

3.2.2.3	Ferro Fundido Dúctil	27
3.2.3	Tubagens Termoplásticas	29
3.2.3.1	Polietileno (PE)	29
3.2.3.2	Policloreto de Vinilo (PVC)	32
3.2.3.3	Polipropileno (PP)	34
3.2.4	Tubagens de Cimento	35
3.2.4.1	Tubagens em Betão	36
3.2.4.2	Tubagens em Fibrocimento (Amiantocimento)	37
3.2.4.3	Tubagens em Grés Cerâmico	38
4.	Prevenção e Gestão de RCD em Redes de Saneamento Básico	41
4.1	Introdução	41
4.2	Guia para Prevenção e Gestão de RCD	41
4.2.1	Generalidades	41
4.2.2	Estudo Prévio	42
4.2.3	Inventariação dos Materiais e Equipamentos presentes nas Redes de Saneamento Básico	43
4.2.4	Planos de Gestão	44
4.2.4.1	Plano de Segurança e Saúde (PSS)	45
4.2.4.2	Plano de Organização do Local	47
4.2.4.3	Plano de Gestão de Resíduos	49
4.2.5	Estimativa dos Custos Associados	54
4.3	Valorização dos Resíduos da Construção e/ou Demolição das Redes de Saneamento Básico	56
4.3.1	Generalidades	56
4.3.2	Hierarquia de Gestão de Resíduos	58
4.3.2.1	Redução	58
4.3.2.2	Reutilização	58
4.3.2.3	Reciclagem	59
4.3.2.4	Incineração	59
4.3.2.5	Aterro	59
4.3.3	Materiais Plásticos	59
4.3.3.1	Generalidades	59
4.3.3.2	Reciclagem de Plásticos	64
4.3.3.3	A Reciclagem de Plásticos na Europa	77
4.3.4	Reciclagem de Materiais Metálicos	79
4.3.4.1	Generalidades	79
4.3.4.2	Metais Ferrosos	80

4.3.4.3	Metais Não-ferrosos	81
4.3.4.4	Ligas Metálicas	82
4.3.5	Reciclagem de Outros Materiais	83
4.3.5.1	Generalidades.....	83
4.3.5.2	Reciclagem de Tubagens de Betão	83
4.3.5.3	Reciclagem de Tubagens de Fibrocimento	87
4.3.5.4	Reciclagem de Tubagens de Grés Cerâmico	88
4.4	Dificuldades, Desafios e Estratégias para o sucesso da Reciclagem de RCD.....	89
5.	Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros.....	95
5.1	Conclusões.....	95
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	97
6.	Referências Bibliográficas	99
ANEXOS	109	
ANEXO I.1 – Capítulo 17 da LER	109	
ANEXO I.2 – Guias de Transporte para os RCD provenientes de um único produtor/detentor	111	
ANEXO I.3 – Guias de Transporte para os RCD provenientes de mais de um produtor/detentor	112	
ANEXO II – Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de RCD	114	
ANEXO III – Folhas de Inventariação.....	115	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Composição média em termos percentuais dos RCD na Europa Ocidental no ano 1995	11
Figura 2	Produção de RCD na Europa por actividade.....	13
Figura 3	Exemplo da distribuição dos diâmetros de condutas em redes de distribuição	22
Figura 4	Exemplo da distribuição dos materiais de condutas em redes de distribuição.....	22
Figura 5	Exemplo da distribuição dos materiais de condutas por gama de diâmetros	23
Figura 6	Evolução da população servida	24
Figura 7	Exemplo de distribuição de materiais em colectores num sistema de grande dimensão	24
Figura 8	Exemplo de distribuição de diâmetros dos colectores num sistema de grande dimensão	24
Figura 9	Materiais predominantes nos colectores em diferentes gamas de diâmetros: 200 a 500 mm e 1000 a 1500 mm	25
Figura 10	Condutas furadas por efeito de corrosão: (a) corrosão localizada; (b) corrosão por correntes vagabundas.....	26
Figura 11	Observação microscópica do ferro fundido: a) grafite em forma de lamelas; b) grafite em forma de nódulos	27
Figura 12	Ferro fundido dúctil: a) junta elástica; b) junta com flange	27
Figura 13	Cálculo das tensões de projecto em tubos de polietileno	31
Figura 14	Tipos de ligações de tubos de polietileno	32
Figura 15	União por junta elástica	33
Figura 16	União por colagem.....	33
Figura 17	Perfil do tubo corrugado	35
Figura 18	Exemplo de uniões duplas corrugado, telescópicas e de transição C/L	35
Figura 19	Tubos em betão.....	36
Figura 20	Corte de tubos em betão: a) em massa; b) armados	37

Figura 21.	Exemplos de Sinalização de Segurança.....	47
Figura 22.	Exemplo de sinalização para manter o local organizado e limpo.....	48
Figura 23.	Exemplo de organização dos locais de armazenamento dos resíduos.....	48
Figura 24.	Exemplo de contentor de armazenamento aberto.....	52
Figura 25.	Exemplo de contentor de armazenamento fechado: a) Carregamento lateral; b) Carregamento tardoz	53
Figura 26.	Exemplo de contentores plásticos de armazenamento fechado: a) 2 rodas; b) 4 rodas	53
Figura 27.	Exemplo de “big bag” para armazenamento de resíduos	54
Figura 28.	Consumo de plásticos na Europa Ocidental no ano de 2002.....	61
Figura 29.	Distribuição típica do consumo de plástico por sector de actividade.....	62
Figura 30.	Simbologia utilizada para identificação de plásticos.....	66
Figura 31.	Esquema de separação de polímeros por diferença de densidades.....	67
Figura 32.	Esquema tipo das diferentes fases da reciclagem mecânica de plásticos .	70
Figura 33.	Exemplo de “pellets” de plástico.....	72
Figura 34.	Esquema de uma máquina extrusora	74
Figura 35.	Esquema de uma máquina injectora.	74
Figura 36.	Exemplo de equipamentos da tecnologia Varisort	81
Figura 37.	Exemplo de tubos de cobre prensados para reciclagem	82
Figura 38.	Exemplo de tubos de chumbo para reciclagem	82
Figura 39.	Exemplos de instalações e equipamentos para britagem de resíduos.....	85
Figura 40.	Fluxograma representativo do funcionamento interno da central de reciclagem.....	86
Figura 41.	Exemplo de aplicação de regras de segurança na presença de amianto; a) equipamento de protecção individual; b) indicação de material com amianto.....	87
Figura 42.	Exemplo de equipamento de reciclagem de inertes e o armazenamento dividido por cores	89
Figura 43.	Modelo de construção sustentável.....	93

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Composição média dos RCD na Europa	8
Tabela 2.	Principais Materiais Plásticos e Respectivas Siglas	14
Tabela 3.	Algumas vantagens e desvantagens do uso de tubagens metálicas em redes públicas de distribuição de água e drenagem de esgotos	25
Tabela 4.	Diâmetros comerciais de tubagens em ferro fundido dúctil	28
Tabela 5.	Algumas vantagens e desvantagens de tubagens termoplásticas.....	29
Tabela 6.	Classificação dos polietilenos.....	31
Tabela 7.	Algumas vantagens e desvantagens de tubagens de cimento	36
Tabela 8.	Diâmetros comerciais de tubagens em betão.....	37
Tabela 9.	Algumas vantagens e desvantagens de tubagens de fibrocimento	38
Tabela 10.	Normas Portuguesas que as tubagens de grés têm que cumprir	39
Tabela 11.	Exemplo de folha de inventariação de materiais	43
Tabela 12.	Exemplo de folha de inventariação de equipamentos	43
Tabela 13.	Hierarquia de gestão de resíduos	56
Tabela 14.	Consumo de plásticos por sector na Europa Ocidental no ano de 2003.....	62
Tabela 15.	Comparação das três categorias de polímeros.....	63
Tabela 16.	Tipos de plásticos e respectivas densidades	66
Tabela 17.	Exemplo de produtos de matéria-prima reciclada	76
Tabela 18.	Quantidade de PVC reciclado para os diferentes projectos do “Vinil 2010”	79

SIMBOLOGIA

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APIP – Associação Portuguesa de Indústria de Plásticos

CER – Catálogo Europeu de Resíduos

ECPI – Conselho Europeu de Produtores de Plastificantes

ECVM – Conselho Europeu dos Produtores de Vinilo

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ESPA – Associação Europeia dos Produtores de Estabilizantes

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EuPC – Associação dos Transformadores Europeus de Plásticos

FIR – Fédération Internationale du Recyclage

FPS – Fichas de Procedimentos de Segurança

LER – Lista Europeia de Resíduos

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PPG – Plano de Prevenção e Gestão

PSS – Plano de Segurança e Saúde

PVC – Policloreto de Vinilo

NP – Norma Portuguesa

QUERCUS – Associação Nacional de Conservação da Natureza

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

SIRAPA – Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente

SPI – Associação Americana de Indústria de Plásticos

TEPPFA – Associação Europeia dos Produtores de Tubagens e Acessórios em Plástico

UE – União Europeia

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Preliminares

O rápido crescimento da população mundial e o crescente desenvolvimento das suas actividades económicas e estilos de vida têm levado gradualmente a uma degradação ambiental, com a contaminação e o esgotamento dos recursos naturais. Revela-se portanto crucial reduzir os impactos de actividades profissionais, de modo a permitir o desenvolvimento sustentável.

Contudo, nos últimos anos a preocupação da humanidade com o futuro do planeta, em particular com os seus recursos naturais, tem aumentado, fruto do despontar da consciência do impacto das suas actividades no meio ambiente. Existe hoje uma preocupação crescente com os recursos que serão deixados às gerações futuras, para que possam ter uma qualidade de vida superior ou similar à actual.

Deste modo, resulta uma definição de desenvolvimento sustentável, como sendo aquele que garante a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem também as suas próprias necessidades. Este princípio pode ser enquadrado em praticamente toda a actividade humana, principalmente naquelas que têm impacto directo sobre o ambiente, como é o caso do sector da construção. [69]

O desenvolvimento acelerado e descontrolado do sector da construção nas últimas décadas tem contribuído para uma ineficiência do consumo de materiais e de matérias-primas, originando a produção de resíduos em larga escala. [37], [69]

Assim, a par da gestão do meio ambiente, a humanidade vê-se a braços com a problemática da gestão de resíduos que produz, entre os quais os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) cujo seu crescimento tem sido acelerado e o seu impacto no meio ambiente tem ganho cada vez maior expressão. Daí que a regulação dos RCD seja considerada prioritária, tanto na estratégia da União Europeia, como em Portugal. [3]

Em Portugal, cerca de 7,5 milhões de toneladas de RCD são produzidas a cada ano, representando cerca de 20% do volume total de resíduos gerados no país. A maioria destes resíduos é depositada em aterro, ocupando um volume que ultrapassa claramente o ocupado pelos resíduos sólidos urbanos (RSU).

Na sequência da evolução deste problema, a minimização do consumo de recursos naturais é apontada como o factor-chave para atingir a sustentabilidade na construção. Neste sentido, a adopção da técnica de Demolição Selectiva / Desconstrução, em detrimento da demolição tradicional, tem o potencial de reduzir as matérias-primas consumidas, as emissões gasosas nocivas, a produção de resíduos e a energia consumida pela indústria da construção. Contudo, não é menos importante a incorporação dos resíduos que a indústria produz na obtenção de materiais ou produtos de construção. Os resíduos de construção e demolição têm um alto potencial de recuperação, podendo 80% destes ser reciclados. No entanto, para ser viável a reciclagem dos resíduos gerados pelo sector, é fundamental assegurar a sua correcta gestão.

A Demolição Selectiva / Desconstrução é portanto, um processo que se caracteriza pelo desmantelamento cuidadoso, de modo a possibilitar a recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo a sua reutilização ou reciclagem, tendo em vista a sua máxima valorização. Assim procura-se manter, o mais possível, o valor dos materiais existentes nos edifícios e/ou infra-estruturas, através de técnicas que permitam a sua reutilização ou reciclagem mais eficiente. [68]

Deste modo, a aplicação desta técnica aos sistemas de saneamento básico, permitirá obter uma menor heterogeneidade no fluxo de RCD, permitindo obter uma reutilização ou reciclagem mais eficiente dos mesmos.

Apesar de a sociedade demonstrar preocupação com os RCD, em função da quantidade gerada e, principalmente, pelos problemas causados pela sua deposição indevida, eles receberam inicialmente pouca atenção por parte do sector de construção, o que levou o Governo Português a criar um regime jurídico próprio para o fluxo de RCD, incentivando a reutilização e reciclagem destes resíduos em detrimento da sua deposição em aterro. Contudo, continuam a verificar-se infracções como derrames de óleo e gasóleo em

estaleiros, incorrecta separação de RCD em obra e despejos ilegais, sendo complicado avaliar as alterações provocadas com a entrada em vigor desta nova legislação.

1.2 Âmbito da Dissertação e Objectivos

À medida que os diversos intervenientes nas várias fases do ciclo de vida de uma obra apreendem o conceito de Construção Sustentável, crescem as iniciativas para proteger o ambiente natural e a saúde das populações.

Em Portugal, a publicação do Decreto-Lei n.º 46/2008, que regula a gestão de RCD, vem criar condições para a aplicação de medidas de prevenção e reaproveitamento de RCD, aliando a utilização das melhores tecnologias disponíveis à utilização de materiais com um potencial superior de reutilização e reciclagem. No entanto, esta legislação tem sido bem mais dinâmica na teoria do que a prática, não tendo conseguido inverter esta situação de má prática e de grande dificuldade em dissociar a produção de resíduos do desenvolvimento normal e desejável da indústria da construção. Não se deve esperar um progresso rápido de um sector com métodos e rotinas tão tradicionais como o da construção, particularmente numa área em que não existem incentivos e cujas vantagens económicas imediatas não são claras para a maioria dos intervenientes.

Posto isto, como principais objectivos para a realização deste trabalho apresentam-se os seguintes:

- Incentivar e sensibilizar os diversos intervenientes no sector da construção civil para a problemática dos resíduos provenientes da actividade deste sector;
- Caracterizar a actividade de Construção e Demolição selectiva / Desconstrução, assim como demonstrar a importância de uma gestão integrada dos resíduos desta actividade como forma de valorização dos mesmos e de minimização do consumo de energia e de matérias-primas;
- Descrever os principais materiais, dispositivos de utilização e equipamentos mais utilizados nos sistemas de saneamento básico de modo a servir de base de conhecimento antes do início dos trabalhos de Construção e Demolição Selectiva / Desconstrução dos mesmos;

- Estabelecer um guia prático de procedimentos, com vista à implementação da Prevenção e Gestão de RCD;
- Apresentar procedimentos e processos de reciclagem para os resíduos provenientes da actividade de Construção e Demolição dos sistemas de saneamento básico.

Note-se que, nos capítulos seguintes, se utiliza a denominação de “redes” em detrimento de “sistemas” de saneamento básico, pois, no âmbito deste trabalho, entendeu-se que este seria o termo mais adequado, uma vez que o termo “sistemas” pressupõe, para além das redes propriamente ditas, todos os órgãos (como reservatórios ou captações), os equipamentos de elevação e de tratamento de água e de efluentes, etc.

1.3 Organização da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. O conteúdo de cada um desses capítulos é descrito sucintamente a seguir:

Capítulo 1 - Introdução – Neste capítulo apresenta-se o enquadramento geral do tema, assim como o âmbito da dissertação, os objectivos preconizados, a organização e a metodologia de elaboração deste trabalho.

Capítulo 2 – Estado da Arte – Neste capítulo faz-se o enquadramento legal do tema. Procura-se contabilizar os vários tipos de resíduos provenientes da Construção e Demolição Selectiva / Desconstrução dos sistemas de saneamento básico. Por fim faz se referência aos destinos ambientalmente correctos para os resíduos provenientes da respectiva actividade.

Capítulo 3 – Componentes em Redes de Saneamento Básico – Neste capítulo faz-se uma descrição de alguns dos tipos de materiais e equipamentos existentes nos sistemas de saneamento básico.

Capítulo 4 – Prevenção e Gestão de RCD em Sistemas de Saneamento Básico – Neste capítulo procuram-se definir procedimentos para o processo de Prevenção e Gestão de RCD, assim como identificar alguns métodos e/ou procedimentos de reciclagem para os

principais resíduos resultantes da Construção e Demolição Selectiva / Desconstrução dos Sistemas de Saneamento Básico. Por último, apresentam-se algumas dificuldades, desafios e estratégias para o sucesso da técnica de reciclagem de RCD.

Capítulo 5 – Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros – Neste capítulo apresentam-se as conclusões finais obtidas durante a realização deste trabalho, assim como também se apontam algumas das dificuldades encontradas para a realização do mesmo. Para finalizar deixam-se algumas sugestões para trabalhos futuros.

1.4 Método de Investigação

Dada a reduzida bibliografia existente sobre esta matéria, a pesquisa foi elaborada principalmente com recurso à “Internet”. Numa primeira fase procurou-se estabelecer o enquadramento legal do tema, dado que a legislação é relativamente recente e contabilizar os vários tipos de resíduos provenientes da Construção e Demolição dos Sistemas de Saneamento Básico. Posteriormente procurou-se descrever os principais materiais e equipamentos presentes nos sistemas de saneamento básico. Seguidamente procurou-se definir procedimentos para o processo de Prevenção e Gestão de RCD, tentaram-se ainda identificar as principais formas de reciclagem dos resíduos resultantes da Construção e Demolição Selectiva / Desconstrução dos Sistemas de Saneamento Básico, e por fim identificam-se algumas das principais dificuldades, desafios e estratégias para o sucesso da técnica de reciclagem de RCD.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Introdução

Neste capítulo realiza-se um enquadramento legal do tema, desde o surgimento do Regulamento Geral da Gestão de Resíduos em 2006, até à actualidade, fazendo referência aos principais documentos normativos. No presente capítulo procura-se ainda identificar os tipos de resíduos provenientes da construção e/ou demolição das redes de saneamento básico, desde os materiais a aplicar, até aos materiais sobrantes. Por fim, referem-se as melhores opções para a gestão dos resíduos e ainda se descreve de forma não exaustiva a questão dos RCD em Portugal e em alguns países da Europa, assim como alguns projectos ao nível da Gestão de Resíduos.

2.2 Enquadramento Legal do Tema

Em Portugal e nos restantes países da União Europeia (UE) o sector da Construção Civil representa uma parte muito significativa da produção de resíduos, segundo a FIR (Fédération Internationale du Recyclage), sediada na Holanda, são produzidos por ano na Europa mais de 200 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD), dos quais apenas 30 a 40 % serão potencialmente reciclados. [4]

Esta Federação, que congrega organizações de reciclagem de resíduos de vários países europeus, aponta uma composição média para os resíduos da construção e demolição – Tabela 1 (embora esta varie com as particularidades de cada país), que evidencia o potencial intrínseco dos mesmos e a importância da triagem preferencialmente na origem.

Tabela 1. Composição média dos RCD na Europa. Adaptado de [5]

Composição dos Resíduos	Proporções (%)	Reaproveitáveis para Agregados
Materiais Inertes	30	Sim
Metais	7	Não
Madeira	15	Não
Papel	1	Não
Vidro	3	Sim
Areia	7	Sim
Combustíveis	10	Não
Terras	25	Não
Outros	2	?

Apesar de existir um grande potencial para a reutilização e reciclagem destes resíduos, a esmagadora maioria tem como destino final os depósitos clandestinos espalhados um pouco por todo o país. Das 7,5 milhões de toneladas produzidas em Portugal anualmente, apenas 2,2 milhões de toneladas são encaminhadas para local devidamente licenciado para o efeito, de acordo com informações da Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Contrariamente ao que acontece com outros fluxos de resíduos, não existia legislação específica para o fluxo de RCD até ao início do ano de 2008.

O novo Regime das Operações de Gestão de RCD, publicado através do (Decreto-Lei n.º46/2008, de 12 de Março), vem pois dar um sinal de esperança num cenário pouco animador onde cerca de 70% destes resíduos não são controlados. Esta nova legislação, articulada com o Regime Geral de Gestão de Resíduos (Decreto-Lei n.º178/2006, de 5 de Setembro) atribui responsabilidades aos vários intervenientes, incluindo Donos de Obra, Empreiteiros e Câmaras Municipais, na prevenção e reutilização de RCD em obra, assim como nas operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação dos mesmos. [2], [3]

A utilização de RCD em obra deve ser feita em observância das normas técnicas nacionais e comunitárias aplicáveis. As especificações técnicas definidas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) elaboradas em 2010 são também um instrumento essencial aquando da ausência das respectivas normas.

O novo regime jurídico em vigor desde Março de 2008, mas colocado em prática desde Junho de 2008 cria inclusive condições para a aplicação de medidas de prevenção na

produção de RCD e da sua perigosidade na fase de projecto. Todos os projectos de obras públicas passarão a ser acompanhados por um Plano de Prevenção e Gestão de RCD (PPG) onde, entre outros requisitos, deve constar uma estimativa dos resíduos produzidos, da fracção a reciclar ou a sujeitar a outras formas de valorização, bem como a quantidade a eliminar. [3]

Passados mais de três anos desde a entrada em vigor do novo diploma, ainda há muito trabalho a fazer. Uma maior e melhor sensibilização ambiental dos vários intervenientes em obra é crucial para o sucesso desta lei. O Novo Regime Jurídico de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição é pois um desafio para todos na medida em que, cada vez mais, a adopção de boas práticas ambientais contribui para o desenvolvimento sustentável do sector da construção civil.

2.3 Tipo de Resíduos Provenientes de Redes de Saneamento Básico

2.3.1 Generalidades

De acordo com o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, que aprova o Regime Geral de Gestão de Resíduos, um resíduo é “qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou obrigação de se desfazer, nomeadamente os identificados na Lista Europeia de Resíduos” (LER). [2]

Segundo o mesmo documento, os RCD são um conjunto de resíduos que são “provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações”. [2]

2.3.2 Enquadramento Nacional

Os RCD estão classificados na Portaria n.º 209/2004 (capítulo 17), que define a LER, onde os diversos resíduos estão identificados por um código de seis dígitos, sendo que os primeiros dois correspondem ao capítulo que os identifica, e os restantes dígitos

correspondem a processos mais específicos. No Anexo I do presente trabalho apresenta-se o capítulo 17 da LER. [1]

A dimensão e o impacto da problemática dos resíduos levaram a que surgisse o Regime Geral da Gestão de Resíduos, com vista à implementação de legislação específica sobre a matéria, através da publicação do Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro. Porém, as medidas no âmbito dos RCD, eram ainda muito deficientes e claramente insuficientes face às dimensões e diversidade que estes assumem. [2]

Neste sentido, a necessidade de dar um destino adequado aos RCD, tendo em vista a sua valorização, conduziu à criação de uma legislação específica no espaço Europeu com transposição para o direito interno. Deste modo, a partir do dia 12 de Março de 2008, os RCD passaram a ser regulados segundo o Decreto-Lei n.º 46/2008, que aprova o Regime da Gestão de RCD. Este diploma estabelece os princípios básicos das operações de gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas, compreendendo a sua prevenção e reutilização, e as suas operações de recolha, transporte, armazenamento, triagem, valorização e eliminação. Assim como a atribuição da responsabilidade da gestão de resíduos a todos os intervenientes no seu ciclo de vida. [2], [3]

De acordo com o n.º2 do artigo 12º do Decreto-Lei n.º 46/2008, o transporte de resíduos é acompanhado por uma guia, a qual é definida pela Portaria n.º 417/2008, de 11 de Junho. As guias podem ser de dois tipos: guia para os RCD provenientes de um único produtor/detentor e guia para os RCD provenientes de mais de um produtor/detentor. Estas guias estão disponibilizadas pela Portaria n.º 417/2008 e encontram-se no Anexo I deste trabalho. [8]

O Decreto-Lei n.º 46/2008 prevê ainda que, nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projecto de execução seja acompanhado de um Plano de Prevenção e Gestão de RCD (PPG), o qual assegura o cumprimento dos princípios gerais da gestão de RCD. É da competência da Entidade Executante ou do Concessionário executar o PPG, que se deverá encontrar disponível no local da obra, para efeitos de fiscalização, mediante entidades

habilitadas para o efeito, e que, deverá ainda ser do conhecimento de todos os intervenientes na execução da obra. O modelo do PPG de RCD encontra-se disponível no portal da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), ao abrigo do n.º do artigo 10º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março. No Anexo II deste trabalho é apresentado um modelo do PPG. [3]

2.3.3 Composição e Classificação dos RCD

Os RCD caracterizam-se por possuírem uma mistura de materiais muito diversificada, sendo possível encontrar vários tipos de materiais na sua composição. A maioria é composta por material inerte, mais precisamente cerca de 90% do seu volume. Na figura 1 ilustra-se a composição média dos RCD, no ano 1995 na Europa Ocidental, através de um gráfico de barras.

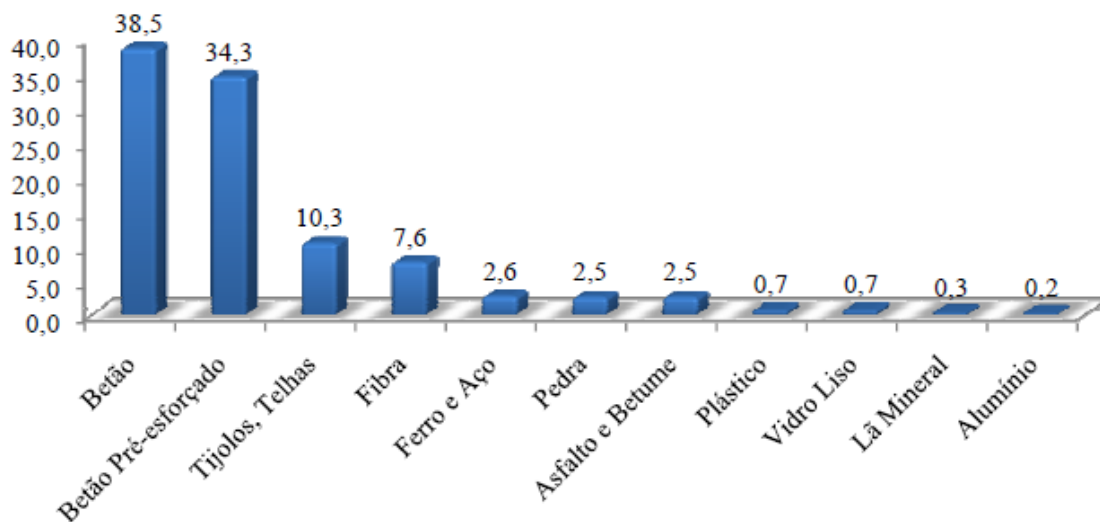


Figura 1 Composição média em termos percentuais dos RCD na Europa Ocidental no ano 1995. Adaptado de [9]

Os RCD podem ser classificados de acordo com o tipo de obra, o tipo de material e ainda o destino final do resíduo. [2], [10], [60]

2.3.3.1 Classificação de acordo com o Tipo de Obra

O termo abrangente RCD pode incluir uma grande variedade de materiais. Porém esses materiais são distribuídos conforme as seguintes categorias: [7], [10]

Resíduos de Construção – São gerados durante os trabalhos de construção e provêm na sua grande maioria de restos e perdas de materiais usados na obra. Por outro lado, estes resíduos surgem devido a um mau dimensionamento/aprovisionamento da quantidade de matérias-primas necessárias.

Resíduos de Reparação ou Remodelação – São resultantes de obras ou reparos de pequena ou grande dimensão. Estes possuem baixo valor quantitativo mas elevada heterogeneidade. De uma forma geral, são mais semelhantes com os resíduos de demolição do que com os resíduos de construção.

Resíduos de Demolição – São provenientes de trabalhos de demolição e por isso apresentam grandes quantidades, sendo a maior parte constituída por material inerte.

2.3.3.2 Classificação de acordo com o Tipo de Material

Apesar da sua heterogeneidade, os RCD podem ser divididos quanto à constituição de acordo com o potencial de reciclagem dos diversos materiais. Uma divisão possível é: [10]

Resíduos Inertes – São aqueles que não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas importantes e, em consequência, não podem ser solúveis nem inflamáveis, nem ter qualquer tipo de reacção física ou química, nem afecta negativamente outras substâncias com as quais entre em contacto de forma susceptível de aumentar a poluição do ambiente ou prejudicar a saúde humana (ex: alvenarias, argamassas).

Resíduos não Inertes – São aqueles que não apresentam perigosidade directa para a saúde ou para o ambiente.

Resíduos Perigosos – São aqueles que apresentam, pelo menos, uma característica de perigosidade para a saúde pública ou para o ambiente, nomeadamente os identificados como tal na LER.

2.3.3.3 Classificação segundo o Destino Final do Resíduo

Resíduos Reutilizáveis – São todos aqueles que podem ser novamente utilizados dentro do seu ciclo de produção sem que tenham qualquer tipo de alteração para tal.

Resíduos Recicláveis – São aqueles cuja sua reutilização já não é possível, mas que, de acordo com as suas características têm elevado valor para serem reciclados.

Resíduos não Recicláveis – São aqueles que não pertencem aos dois grupos anteriores (ex: os materiais perigosos).

Na figura 2 é apresentado um diagrama, onde está representado em termos percentuais a produção de RCD por tipo de actividade relacionada com a construção na Europa.

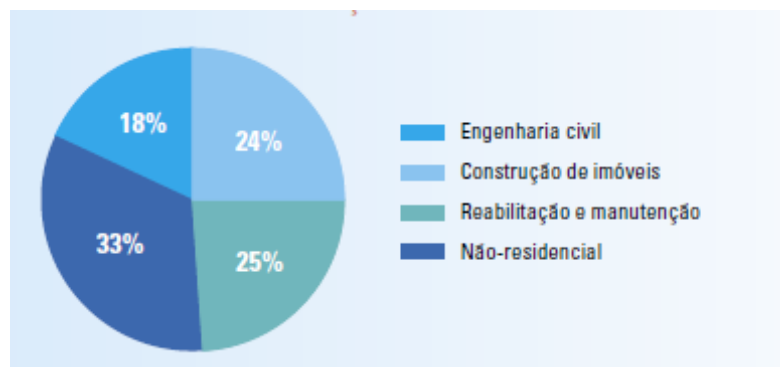


Figura 2 Produção de RCD na Europa por actividade. [7]

2.3.4 RCD em Redes de Saneamento Básico

2.3.4.1 Generalidades

Redes de saneamento básico, são redes hidráulicas públicas de abastecimento de água potável, drenagem de águas residuais domésticas e drenagem de águas pluviais. Trata-se de redes que podem ser executadas e exploradas por empresas públicas ou, em regime de concessão, por empresas privadas, sendo estes serviços considerados essenciais, tendo em vista a necessidade imperiosa destas por parte da população, uma vez que são de extrema importância para a saúde de toda a sociedade e para o meio ambiente.

2.3.4.2 Execução de Redes de Saneamento Básico

Na execução de redes de saneamento básico utilizam-se vários materiais, na tabela 2 indicam-se alguns dos principais materiais plásticos e elastómeros usados na construção civil, nomeadamente em redes de saneamento básico, assim como as respectivas siglas.

Tabela 2. Principais Materiais Plásticos e Respectivas Siglas. Adaptado de [11]

Designação do Material Plástico	Sigla
TERMOPLÁSTICOS	
Polietileno	PE
Polietileno de baixa densidade	PEBD
Polietileno de alta densidade	PEAD
Polietileno reticulado	PER / PEX
Polipropileno	PP
Policloreto de vinilo	PVC
Poliacetato de vinilo	PVAC
Poliestireno	PS
Polimetacrilato de metilo	PMMA
Policarbonato	PC
Poliamida	PA
Polibutileno (Polibuteno-I)	PB
Polioxifenileno	PPO
Politereftalato de butileno	PBTB
Politereftalato de etileno	PETB
Polioxirnetileno	POM
Politetrafluoretileno	PTFE
Politriclorofluoretileno	PTC
TERMOINDURECÍVEIS	
Poliuretanos *	PUR
Resina epoxídica	EP
Resina de fenol formaldeído	PF
Resina de ureia formaldeído	UF
Resina de melamina formaldeído	MF
Poliéster insaturado	UP
Silicone	SI
ELASTÓMEROS	
Silicone	SI
Poliestireno butadieno	SB
Poliestireno acrilonitrilo	SAN
Acrilonitrilo butadieno estireno	ABS
Polibutadieno	PBD
Poliisobutileno	PIB
Policloropreno (ou Neopreno)	-
Poliisopreno	PIP

* Podem também apresentar-se como termoplásticos ou elastómeros

Para além dos materiais indicados na tabela 2, utilizam-se materiais metálicos, e materiais em betão pré-fabricado. Os referidos materiais serão alvo de estudo mais aprofundado no capítulo III do presente trabalho.

2.4 Destinos Ambientalmente Correctos para os Resíduos

2.4.1 Generalidades

Devido às diferenças existentes entre os Resíduos de Construção e Demolição (origem, tipos de materiais, quantidades, processos, etc.), a sua gestão não vai ser de todo igual. Uma das principais diferenças é o facto de numa construção poder saber-se exactamente quais os materiais aplicados no processo e as suas quantidades, conseguindo-se assim exercer um melhor controlo sobre os fluxos destes materiais. Uma boa gestão dos materiais numa obra é fundamental para o bom desempenho ambiental, pois conforme foi referido no ponto 2.3.3.1, o excesso de materiais a entrar na obra faz com que aumente o armazenamento dos materiais, levando a uma maior quantidade de materiais danificados. [10]

2.4.2 Reciclagem dos Resíduos de Construção e Demolição

A gestão dos RCD é da responsabilidade de todos os intervenientes no seu ciclo de vida, desde o produto original até ao resíduo produzido, excepto os RCD produzidos em obras particulares isentas de licença e não submetidas a comunicação prévia, cuja gestão cabe à entidade responsável pela gestão de resíduos urbanos. [3], [71]

Intervindo na gestão dos resíduos de demolição, através de processos que fomentem a reutilização e a reciclagem, reduzem-se os materiais depositados em aterro. Por outro lado, uma gestão dos resíduos de construção que aposte na prevenção, leva a menores quantidades de resíduos no processo de construção e evita-se a sua futura produção no processo de demolição. [10], [71]

A aposta terá que primeiramente residir na prevenção e redução, seguida da reutilização e reciclagem dos RCD, nomeadamente dos seus principais componentes como o betão, tijolos, vidros, entre outros, que têm elevado potencial de reciclagem. Na globalidade, o potencial de reciclagem do RCD é elevado, a maioria das estimativas apontam para que cerca de 90% dos RCD possam ser reciclados. [10], [60]

A prevenção é a prioridade para a correcta gestão de resíduos, sendo que no caso dos RCD, esta cabe a todos os intervenientes no processo de construção civil e deve ser feita pela inclusão de tecnologias mais limpas ao nível dos processos produtivos, uma melhor concepção dos produtos em função das necessidades ecológicas e, de um modo geral, modelos de produção mais eficientes e simultaneamente ecológicos. [10], [60]

A reciclagem dos RCD é uma forma de aproximar o sector da construção da sustentabilidade, através da redução dos impactos negativos dos seus resíduos nas cidades e da geração de matéria-prima que pode substituir a natural, não renovável. Para tal a separação dos resíduos em obra é fundamental, pois facilita o seu encaminhamento para a reciclagem. [10], [60]

Cerca de 80-95% dos RCD nomeadamente resíduos inertes como o betão, podem ser uma fonte para a produção de agregados secundários. Com estes dados torna-se evidente a insustentabilidade do continuado recurso a matérias-primas primárias, cada vez mais escassas, em detrimento dos materiais secundários. [10]

Assim, apesar de actualmente grande parte dos RCD já poder ser reciclada, muito mais se pode fazer, essencialmente no campo da prevenção, através de uma fase de projecto e de construção que tenha em consideração a futura reutilização e reciclagem dos materiais aplicados na construção. Os resíduos que não possam ser reciclados devem ser valorizados, preferencialmente através da sua reutilização, para tal é necessário proceder à sua recolha selectiva. Para a recolha selectiva ser viável é necessário o desenvolvimento de um plano de gestão de resíduos em cada obra, incluindo a consciencialização e sensibilização da mão-de-obra e a definição de um sistema de transporte interno dos resíduos e de localização onde os resíduos devem ser armazenados temporariamente até à sua recolha e encaminhamento.

Os RCD são produzidos durante todas as fases do ciclo de vida de um edifício e/ou infraestrutura. Somente cerca de 28% dos RCD produzidos são aproveitados. Destes uma quantidade significativa é processada ao nível de materiais ou aplicada por exemplo, em bases e sub-bases de pavimentos. Quanto à reciclagem de certos elementos permanece limitada a determinadas aplicações. Os restantes resíduos cerca de 72% vão para aterro.

Para Portugal estima-se que menos de 5% do total dos RCD são reutilizados ou reciclados, enquanto os outros 95% vão para aterro. [7], [9], [10]

É assim evidente que neste campo ainda há muito a fazer, e apesar de ser difícil tomar opções claras e decisivas, a reciclagem deverá ser opção e a deposição em aterro a última das opções. Grande parte dos RCD não tem reutilização directa, mas através de um adequado processamento, podem ser reciclados e valorizados. Assim quando os RCD não são directamente reutilizáveis, devem ser recolhidos e encaminhados para entidades gestoras de RCD de forma a serem reciclados. A reciclagem é a principal via para reduzir os volumes de RCD a serem depositados em aterro. No capítulo IV do presente trabalho, os respectivos processos de reciclagem e valorização de RCD sem reutilização directa são descritos e aprofundados.

Quando se fala em reciclagem dos RCD, a fracção mais importante é a dos inertes, pois representa a maior fracção. O processo de reciclagem consiste fundamentalmente, numa triagem, trituração e crivagem com vista à produção de agregados para aplicação na construção. Os outros materiais presentes em quantidades inferiores, como o caso dos plásticos, e metais também necessitam de ser processados. Os produtos reciclados obtidos precisam de obedecer a critérios de qualidade, para que sejam aceites no mercado e para que a ideia de que são de qualidade inferior não se coloque.

Actualmente em Portugal já existem empresas que processam os resíduos de Construção e Demolição, no entanto é essencial a sua divulgação e criação de mecanismos de transporte para que possam receber os resíduos. Contudo existem várias barreiras a serem ultrapassadas para a introdução de novos produtos contendo resíduos: [10]

- Legislação;
- Educação e informação;
- Tecnológicas;
- Económicas;
- Geográficas;
- Mercado.

3. COMPONENTES EM REDES DE SANEAMENTO BÁSICO

3.1 Introdução

Antes de dar início a uma obra de Demolição e/ou Construção de redes de saneamento básico importa saber quais os materiais que se podem encontrar, bem como saber quais são os materiais mais adequados para efectuar a substituição dos materiais antigos, quando estes últimos não têm condições para serem reutilizados. Deste modo, neste capítulo faz-se uma descrição do que é verdadeiramente uma rede de saneamento básico, assim como os vários componentes que constituem a respectiva rede.

3.2 Materiais aplicáveis em Redes de Saneamento Básico

3.2.1 Notas históricas

As redes de saneamento básico podem subdividir-se em três grandes redes, nomeadamente, abastecimento de água potável, drenagem de esgotos domésticos e drenagem de esgotos pluviais. Cada uma das referidas redes detém um papel preponderante na qualidade de vida das civilizações humanas, qualidade no que respeita a segurança, saúde, higiene e salubridade.

Desde o início da humanidade que o homem reconheceu a importância da água, não só como elemento essencial à vida, como em utilizações indispensáveis à manufactura de diversos produtos e construções para vários fins com o maior realce para a irrigação dos campos. [16]

Há cerca de vinte e cinco anos a.C. no Egipto já existiam canais de irrigação, assim como na Mesopotâmia, na planície situada entre os rios Tigre e Eufrates. Deste modo, é lógico que as sociedades primitivas se tenham desenvolvido, preferencialmente, junto ao mar e nas proximidades de rios, uma vez que lhes proporcionava água para beber, alimentos e meios de defesa natural. O homem, para controlar e utilizar a água, desde a Antiguidade que faz a sua captação subterrânea em furos, poços e minas (actualmente pouco usuais) e

superficialmente nos cursos de água e lagos naturais e artificiais (albufeiras criadas por barragens). O abastecimento de água potável constitui uma das componentes fundamentais do desenvolvimento da civilização humana. O primeiro sistema público de abastecimento de água de que se tem conhecimento, o aqueduto de Jerwan, foi construído na Assíria cerca de 691 a.C. Atenas dispunha de abastecimento público de água, no entanto o mesmo era garantido por intermédio de aquedutos subterrâneos desde as captações até aos consumidores finais, também os romanos construíram aquedutos monumentais, que asseguravam o abastecimento de água nas principais cidades do império. [15]

No campo da Hidráulica, o homem tem executado diversas construções e equipamentos, de forma a se defender das inundações tem construído diques e barragens, para transporte de água, além de aquedutos, abriu canais, escavou túneis e instalou condutas. Para retirar a água de zonas baixas, ou para a elevar para os locais de utilização, criou diversos utensílios e máquinas hidráulicas. A primeira barragem de que há conhecimento é a de El-Kafara, nas proximidades do Cairo (Egipto), construída à cerca de cinco milénios. Apesar de todos estes passos dados pelo homem, só nos séculos XIX e XX, devido ao avanço tecnológico e científico permitiu ao homem dispor de equipamentos e técnicas capazes de dominar e utilizar os grandes caudais de água, a pressões relativamente elevadas, exigidas pelo crescimento das cidades e pela importância cada vez maior dos sistemas de abastecimento de água. [15], [16]

Acoplado à evolução dos sistemas de abastecimento de água, urge a necessidade da criação de redes de esgotos domésticos. A mais antiga rede de esgotos de que se tem conhecimento data de 3750 a.C. em Nipur (Babilónia). Os Egípcios, cerca de 2000 a.C. executaram redes de esgotos domésticos, que por meio de canais construídos em alvenaria de tijolo, eram encaminhadas para campos de cultivo, onde eram utilizadas como adubo. Antigamente, os esgotos dos grandes aglomerados, eram lançados, sem tratamento, em rios de grande caudal regular ou no mar, actualmente os esgotos dos grandes e pequenos aglomerados são tratados quase na sua totalidade, uma vez que ainda existe pelo país fora muitas irregularidades, no que a descargas de esgotos diz respeito, principalmente no interior, onde a rede pública de esgotos é insuficiente ou mesmo inexistente. O tratamento é feito por Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), que digerem as lamas tornando-

as inócuas pela mineralização das matérias orgânicas. Após o tratamento a parte sólida pode ser utilizada como adubo e a parte líquida, após tratamentos complementares, pode ser utilizada para diversos fins, inclusive a alimentação. [15], [16]

Embora a sua origem se perca nas memórias dos tempos, a engenharia sanitária possui marcos patrimoniais notáveis, como é o caso dos grandes sistemas comunitários, cujas primeiras referências se podem encontrar na civilização egípcia. [9]

As redes de saneamento básico têm sido, ao longo dos últimos anos, objecto de uma contínua evolução, quer ao nível dos materiais, dispositivos e equipamentos quer ao nível da concepção e dimensionamento, tendo como objectivos, a redução de custos e o aumento dos níveis de conforto e segurança, em todos os seus aspectos.

Os principais materiais utilizados no fabrico de condutas / colectores podem agrupar-se em: [15]

- 1) Metálicos;
- 2) Cimentos;
- 3) Termoplásticos;
- 4) Grés Cerâmico.

A adopção de determinado material para as condutas / colectores fundamenta-se na análise técnica-económica, com relevância para os seguintes aspectos: [15]

- 1) Características físicas e dimensionais (diâmetro, comprimento, peso) dos tubos comercializados;
- 2) Grau de resistência às pressões interna e externa;
- 3) Facilidade de transporte, manuseamento e montagem dos tubos comercializados;
- 4) Maior ou menor grau de resistência à corrosão, externa como interna, que se podem traduzir em gastos adicionais pela aplicação de revestimentos de protecção;
- 5) Grau de rugosidade interna do tubo, ou do seu revestimento.

Na Figura 3 apresenta-se a gama de diâmetros das condutas de redes de distribuição, totalizando 43 000 km de comprimento, correspondentes a 200 municípios portugueses (valores de 2008).

Na Figura 4 ilustra-se a distribuição dos materiais e na Figura 5 apresenta-se a distribuição dos materiais por gama de diâmetro para os mesmos sistemas.

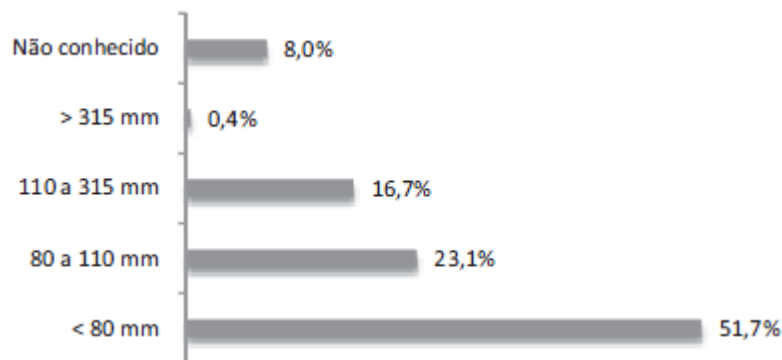


Figura 3 Exemplo da distribuição dos diâmetros de condutas em redes de distribuição. Adaptado de [17]

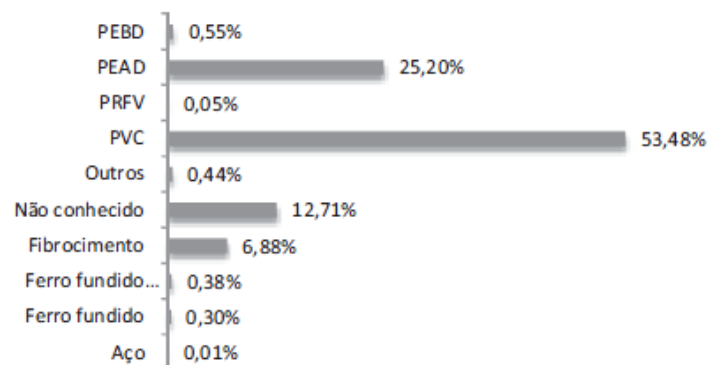


Figura 4 Exemplo da distribuição dos materiais de condutas em redes de distribuição. Adaptado de [17]

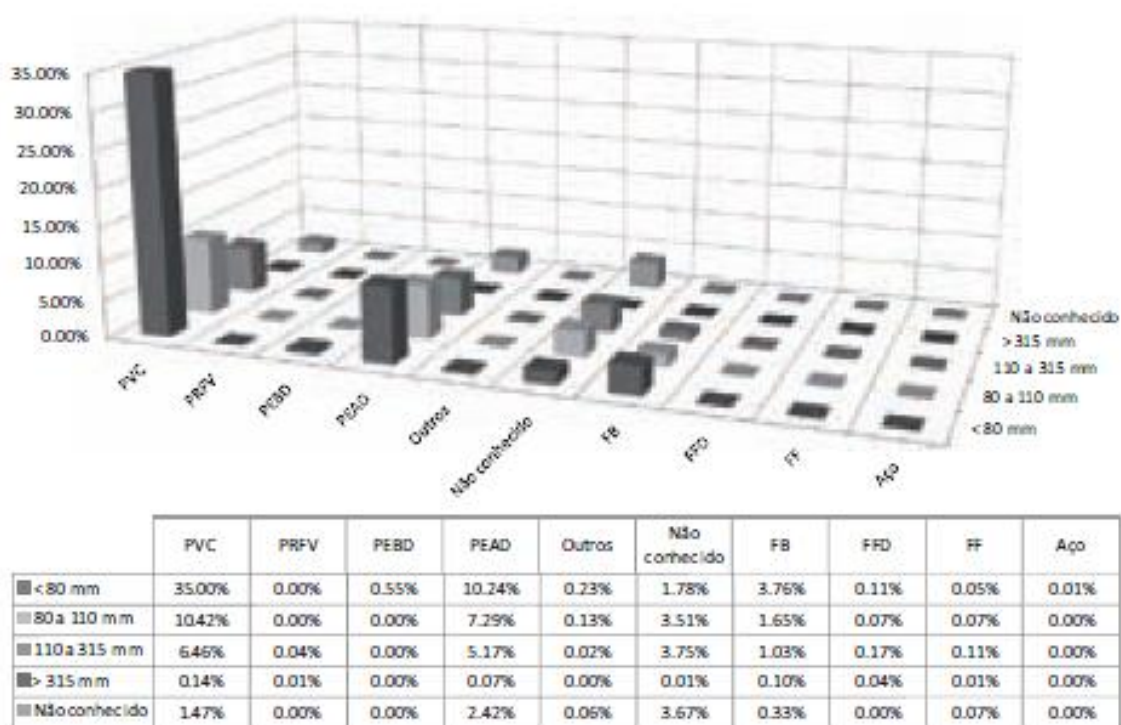


Figura 5 Exemplo da distribuição dos materiais de condutas por gama de diâmetros.
Adaptado de [17]

Na Figura 6 apresenta-se a evolução estimada da população servida de rede pública de águas residuais com e sem tratamento.

Na Figura 7 apresenta-se a distribuição de materiais para uma entidade gestora de grande dimensão (população servida superior a 175 000 habitantes e extensão das redes de colectores superior a 400 km, valores de 2007).

Na Figura 8 ilustra-se a extensa gama de dimensão de colectores para o mesmo sistema.

Na Figura 9 ilustram-se as diferenças nos materiais existentes para diferentes gamas de dimensão de colectores, para o mesmo caso.

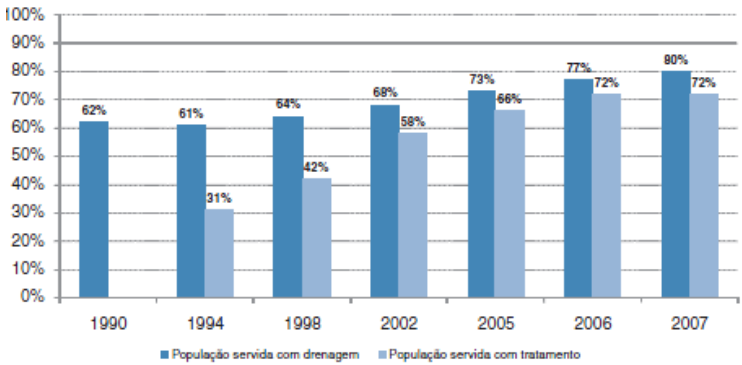


Figura 6 Evolução da população servida. Adaptado de [18]

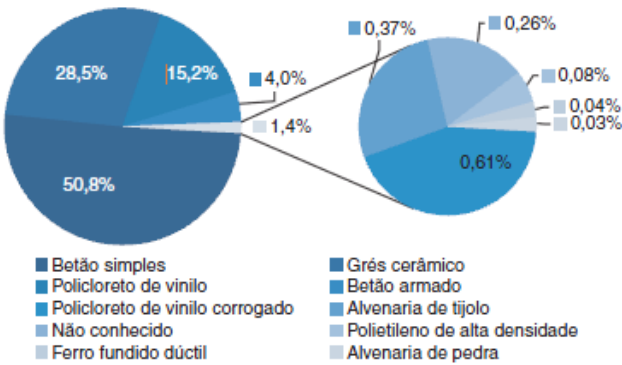


Figura 7 Exemplo de distribuição de materiais em colectores num sistema de grande dimensão. Adaptado de [18]

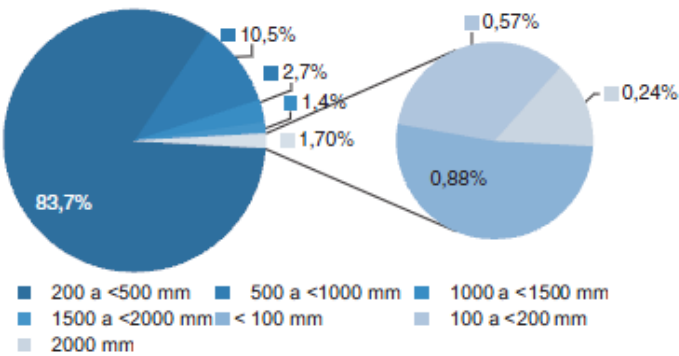


Figura 8 Exemplo de distribuição de diâmetros dos colectores num sistema de grande dimensão. Adaptado de [18]

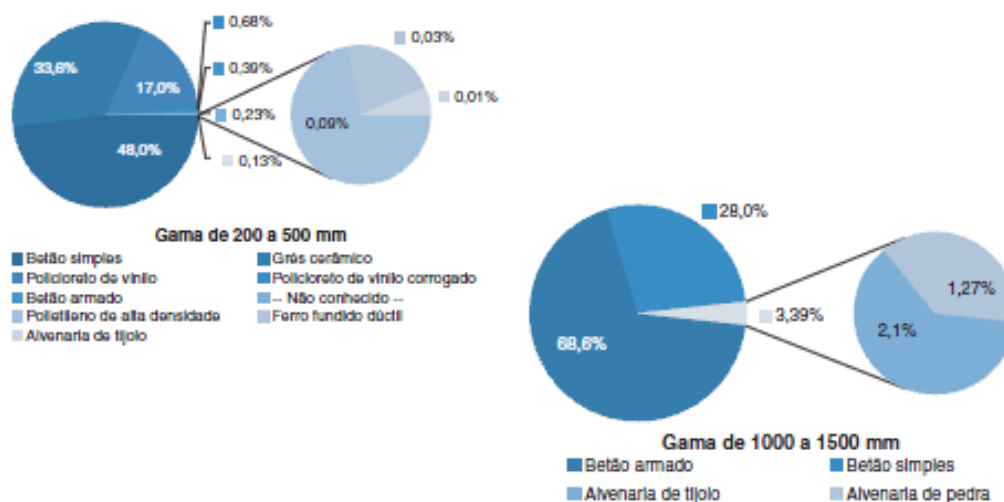


Figura 9 Materiais predominantes nos colectores em diferentes gamas de diâmetros: 200 a 500 mm e 1000 a 1500 mm. Adaptado de [18]

3.2.2 Tubagens Metálicas

As tubagens metálicas tiveram grande utilização nos sistemas públicos de distribuição de água e drenagem de esgotos. Porém, o aparecimento de termoplásticos mais baratos e com melhores características veio alterar a sua posição no mercado que outrora fora dominante, sendo presentemente utilizadas apenas ocasionalmente.

As tubagens metálicas apresentam um conjunto de vantagens e desvantagens que importa aqui apresentar, como mostra a tabela seguinte.

Tabela 3. Algumas vantagens e desvantagens do uso de tubagens metálicas em redes públicas de distribuição de água e drenagem de esgotos. Adaptado de [15]

Vantagens	Desvantagens
Estabilidade dimensional;	Susceptibilidade à corrosão;
Grande resistência mecânica;	Dificuldade na montagem de tubos e conexões;
Elevada resistência às pressões internas;	Acumulação de depósitos por corrosão, suspensões e precipitação química;
	Contaminação da água através da solda de chumbo, da corrosão e outros resíduos;
Excelente comportamento com inclinações pequenas em redes de colectores de esgotos;	Maior perda de carga em redes de distribuição de água;
	Custos elevados;

Na figura 10, apresenta-se duas condutas metálicas furadas por efeito de corrosão, o que evidencia uma das desvantagens das condutas metálicas.



Figura 10 Condutas furadas por efeito de corrosão: (a) corrosão localizada; (b) corrosão por correntes vagabundas. [17]

3.2.2.1 Aço

Conforme podemos verificar nas figuras 4 e 5, as tubagens em aço são muito pouco utilizadas em redes de distribuição de água, não só pelos inconvenientes referidos na tabela 5, mas também porque dentro dos materiais utilizados na execução de tubagens metálicas trata-se do mais caro, optando-se deste modo por utilizar tubagens em ferro fundido. Em redes de drenagem de esgotos domésticos e pluviais, segundo o guia técnico n.17 da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), o aço não vigora no que a materiais utilizados diz respeito. [17], [18]

3.2.2.2 Ferro Fundido Cinzento

Os ferros fundidos são materiais com particular aptidão ao processamento por fundição, como aliás a sua designação sugere. Esta característica vem-lhes da sua composição química, próxima da eutética, que lhes garante uma baixa temperatura (ou intervalo de temperaturas) de fusão, relativamente às restantes ligas ferrosas e uma elevada vazabilidade. Altos teores em carbono e silício e leis de arrefecimento lentas favorecem a solidificação segundo a versão estável, isto é, a formação de um eutético grafítico, originando ferros fundidos cinzentos. [19]

Este tipo de material antes do aparecimento do ferro fundido dúctil, foi muito utilizado em redes de distribuição de água. Contudo, o ferro fundido dúctil surgiu tendo como base estudos para o melhoramento do ferro fundido cinzento. Na observação microscópica do ferro fundido cinzento o carbono apresenta-se sob a forma de lamelas responsáveis por uma certa fragilidade do material. Em 1943, graças a um tratamento do metal líquido com magnésio, a grafite deixa de se dispor em lamelas passando a cristalizar sob a forma de nódulos (esferas). A descoberta do ferro dúctil ou de grafite nodular revolucionou o panorama dos ferros fundidos. [20]

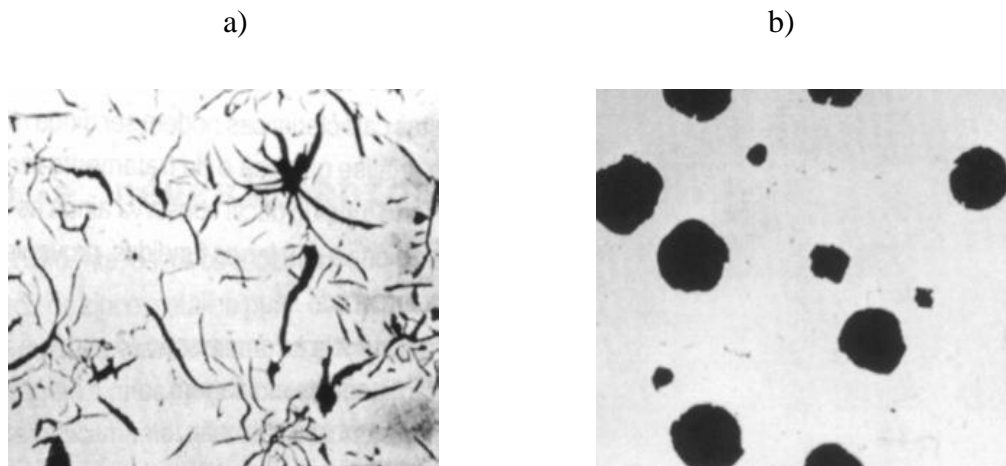


Figura 11 Observação microscópica do ferro fundido: a) grafite em forma de lamelas; b) grafite em forma de nódulos. [22]

3.2.2.3 Ferro Fundido Dúctil

A grafite na forma esferoidal confere ao ferro fundido propriedades mecânicas excepcionais, ou seja, possui um elevado limite elástico, e uma grande resistência à tracção e aos choques.



Figura 12 Ferro fundido dúctil: a) junta elástica; b) junta com flange. [22]

Em redes públicas de abastecimento de água, este tipo de material é muito utilizado, uma vez que se trata de um material com ótimas propriedades mecânicas (grande elasticidade, resistência à tracção, resistência ao choque e capacidade de deformação por alongamento), para além disso conforme podemos verificar na tabela seguinte é um material que é comercializado desde diâmetros pequenos até diâmetros de grandes dimensões, o que permite, não só utilizar este tipo de material em condutas que abastecem pequenos aglomerados como grandes aglomerados populacionais.

Tabela 4. Diâmetros comerciais de tubagens em ferro fundido dúctil. Adaptado de [22]

DN	L	Classe	e espessura ferro Fundido	DE	DI
mm	m		mm	mm	mm
60	6,0	40	4,8	77	80
80	6,0	40	6,0	98	101
100	6,0	40	6,0	118	121
125	6,0	40	6,0	144	147
150	6,0	40	5,0	170	173
200	6,0	40	5,4	222	225
250	6,0	40	5,8	274	277
300	6,0	40	6,2	326	329
350	6,0	K9	7,7	378	381
400	6,0	K9	8,1	429	432
450	6,0	K9	8,6	480	483
500	6,0	K9	9,0	532	535
600	6,0	K9	9,9	635	-
700	7,0	K9	10,8	738	738
800	7,0	K9	11,7	842	845
900	7,0	K9	12,6	945	948
1000	7,0	K9	13,5	1048	1051
1100	8,25	K9	14,4	1151	1154
1200	8,25	K9	15,3	1255	1258
1400	8,12	K9	17,1	1462	1465
1500	8,11	K9	18,0	1565	1568
1600	8,10	K9	18,9	1668	1671
1800	8,08	K9	20,7	1875	1878
2000	-	-	-	-	-

Relativamente à aplicabilidade deste tipo de material em redes de drenagem de esgotos domésticos e pluviais, não é muito comum, a não ser por razões muito específicas, nomeadamente questões técnico-económicas, uma vez que se trata de um material relativamente caro, face aos termoplásticos e os de cimento. No entanto, no caso das tubagens serem implantadas a grandes profundidades os termoplásticos poderão não

aguentar as pressões exercidas pelo solo e cargas adjacentes ao mesmo, por outro lado em redes públicas por diversos motivos (altimetria, volumes de aterro/desaterro) a rede de colectores por vezes tem inclinações mínimas regulamentares 0,3%, logo, uma má execução ou até mesmo uma deformação do colector pode originar o colapso não só do respectivo colector, mas a restante rede a montante do mesmo, logo, neste caso a utilização do ferro fundido é mais comum, por suportar grandes pressões, porém continua a ter um concorrente substancialmente mais barato, é o caso do betão armado. [12]

3.2.3 Tubagens Termoplásticas

A aplicação de tubagens de materiais plásticos surgiu em Portugal na década de 60, não parando de crescer desde então. As suas inúmeras vantagens tornaram estes materiais nos dias de hoje em líderes de mercado, porém apresentam algumas desvantagens que não podem ser desprezadas. As suas principais vantagens e desvantagens encontram-se representadas na tabela seguinte. [9]

Tabela 5. Algumas vantagens e desvantagens de tubagens termoplásticas. Adaptado de [9], [11]

Vantagens	Desvantagens
Material leve e fácil de manusear;	Baixa rigidez;
Grande resistência à corrosão;	Elevados coeficientes de transmissão térmica;
Baixa condutividade térmica e eléctrica;	Elevado coeficiente de dilatação térmica;
Reduzida acumulação de depósitos;	Degradação por exposição aos raios ultravioleta;
Boa resistência aos produtos químicos;	Baixa resistência mecânica;
Flexibilidade;	Produção de gases tóxicos quando em combustão;
Menor custo;	

3.2.3.1 Polietileno (PE)

Este material tem aspecto transparente ou opaco, incolor ou colorido em diversas cores e tonalidades, embora a sua cor natural seja o branco leitoso com sensação ao tacto semelhante à cera. Apresenta boas propriedades mecânicas, boa resistência ao choque, boa resistência aos entalhes superficiais, mas é sensível à fissuração sob tensão. Possui um excelente poder de isolamento eléctrico, porém possui uma resistência à temperatura limitada, é permeável a certos gases e vapores (oxigénio, dióxido de carbono, vapor de água) e a detecção de fugas nestas tubagens revela-se difícil. [9], [11]

Em função do seu grau de cristalinidade por ter diferentes densidades permitem classificá-lo como:

- Polietileno de Baixa Densidade – PEBD (densidade entre 0,910 e 0,925)
- Polietileno de Média Densidade – PEMD (densidade entre 0,926 e 0,940)
- Polietileno de Alta Densidade – PEAD (densidade entre 0,941 e 0,970)

A partir do PEAD, usando determinados processos físicos ou químicos para sujeitar as macromoléculas a reticulação, obtém-se um Polietileno Reticulado (PER), cuja resistência térmica é superior aos demais. No entanto os tubos de PEBD, PEMD e PER não são utilizados em redes de distribuição de água, uma vez que devido às densidades mais baixas, face ao PEAD ficam à partida excluídos, pois em redes públicas de distribuição de água as pressões interiores e exteriores são grandes, logo é conveniente a aplicação de um material de grandes densidades. [11], [23]

Dentro de cada classificação referida, existem outros aspectos a ter em conta para classificar os polietilenos, nomeadamente: [25]

- Limite inferior de Confiança - LIC (LCL - Lower Control Limit) - É o valor da tensão tangencial em Megapascal, pode ser considerado como propriedade do material e representa 97,5% do limite inferior de confiança para a tensão hidrostática a longo prazo (20°C para 50 anos);
- Tensão Mínima Requerida (MRS- Minimum Required Strenght) - É o valor do limite inferior de confiança (LIC) arredondado ao valor mais próximo da série de números Renard R10;
- Coeficiente de Serviço (C) - Um coeficiente com um valor maior que a unidade, tirado da série R 10 e que considera as condições de serviço bem como as propriedades dos componentes dos sistemas de tubagens. Para o Polietileno o valor mínimo considerado é 1,25 (CEN);
- Série de Números Renard R 10 - 1,00 - 1,25 - 1,60 - 2,00 - 2,50 - 3,20 - 4,00 - 5,00 - 6,30 e 8,00;
- Tensão de Projecto (σ_s) - É a tensão tangencial para uma aplicação resultante do quociente entre o MRS e o coeficiente C e arredondada ao valor mais próximo da série R 10 expressa em Megapascal.

Na próxima figura, ilustra-se a forma como se mede (espessuras e diâmetros nominais) e calcula (tensões de projecto) dos tubos de polietileno.

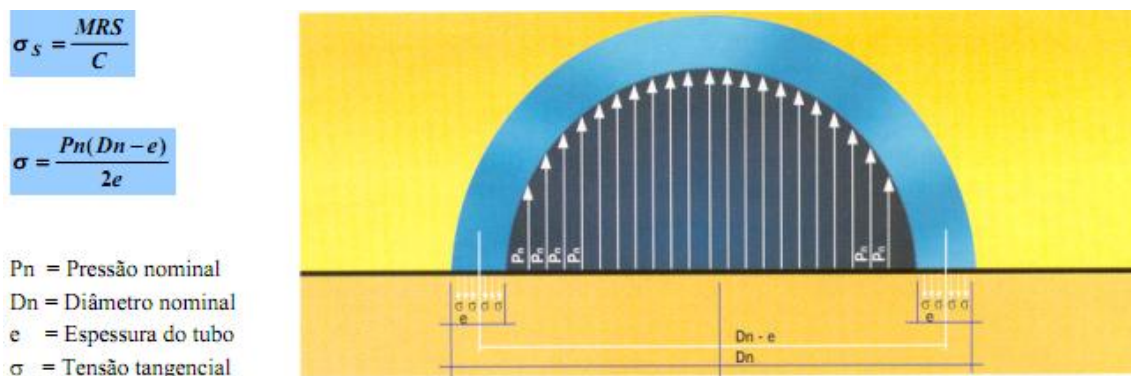


Figura 13 Cálculo das tensões de projecto em tubos de polietileno. [25]

Em função dos conceitos mencionados obtém-se a classificação descrita na tabela seguinte.

Tabela 6. Classificação dos polietilenos. Adaptado de [25], [26], [36]

σ_{LCL} (Mpa)	σ_s (Mpa)	MRS (Mpa)	Tipo de Polietileno
6,30 - 7,99	5,0	6,3	PE 63 (a)
8,00 - 9,99	6,3	8,0	PE 80
10,00 - 11,19	8,0	10,0	PE 100

a) Em Portugal não está normalmente disponível

Este tipo de tubagem é utilizada em redes cujo o transporte de fluídos se processa sob pressão, logo no que respeita a redes de transporte por acção gravítica, este tipo de material não é em geral utilizado.

Para redes públicas de distribuição de água, este tipo de material encontra-se disponível no mercado em rolos, com diâmetros que variam dos 25 até aos 110 mm, e em varas, com diâmetros que variam dos 110 até aos 1200 mm, consoante a pressão nominal (PN) do respectivo tubo. Em redes públicas de drenagem de esgotos domésticos e pluviais, este tipo de material encontra-se disponível no mercado em rolos, com diâmetros que variam dos 25 até aos 110 mm, e em varas, com diâmetros que variam dos 110 até aos 1200 mm, consoante a pressão nominal (PN) do respectivo tubo. Existem vários processos para a ligação entre os troços de tubagem, sendo estes os seguintes: soldadura topo a topo com ou

sem material de adição, soldadura por electrosoldadura, soldadura com manga auxiliar e ligação com acessórios, os quais podem ser plásticos ou metálicos, este último é apenas utilizado para pequenos diâmetros. [9], [26]



Figura 14 Tipos de ligações de tubos de polietileno. [24], [26]

3.2.3.2 Policloreto de Vinilo (PVC)

Este tipo de material também é usualmente designado por policloreto de vinilo rígido (ou seja sem plastificante ou não plastificado), podendo a sua sigla apresentar-se da forma PVC-U.

Os tubos de PVC-U apresentam boa resistência à abrasão, possuem boa estabilidade dimensional, têm técnicas de união de fácil execução e são auto extinguíveis. Porém são sensíveis aos entalhes e aos choques, em especial a baixas temperaturas.

Normalmente para redes públicas de distribuição de água é comercializado na forma de varas com comprimentos que normalmente possuem 6 m e diâmetros que variam entre os 20 e os 315 mm. O PVC-U quando usado em redes de distribuição de água é geralmente dividido em 4 classes, mediante a sua tensão de segurança, classe 1 (6 MPa), classe 2 (10 MPa), classe 3 (16 MPa) e classe 4 (20 MPa), o que a nível físico se traduz por diferentes espessuras da parede do tubo. Para redes públicas de esgotos domésticos e pluviais, cujo escoamento se processa sob pressão é comercializado na forma de varas com comprimentos que normalmente possuem 6 m e diâmetros que variam entre os 20 e os 315 mm. Quando utilizado em redes de esgotos sob pressão situa-se apenas numa só classe (6 MPa). A correcta ligação entre os troços de tubagem é efectuada com recurso a acessórios do mesmo material, sendo obtida por enroscagem ou por colagem dos elementos. [11], [27] Os tubos em PVC-U são produzidos por um processo contínuo de extrusão. Os tubos são cortados na linha de produção e fornecidos em comprimentos definidos nas seguintes condições:

- Com uma das extremidades moldada para união autoblocante com junta elástica (junta autoblocante);
- Com uma das extremidades moldada para união por colagem.

Os acessórios podem também apresentar os mesmos tipos de uniões. [27]

Os tipos de uniões entre tubos de PVC-U, ou entre os tubos e os acessórios podem ser os seguintes:

- União com junta elástica (junta autoblocante) – Um anel de borracha é comprimido e forma uma vedação, quando a extremidade de um tubo ou acessório é inserida no abocardo/campânula deste tipo. Esta união não aguenta esforços axiais.

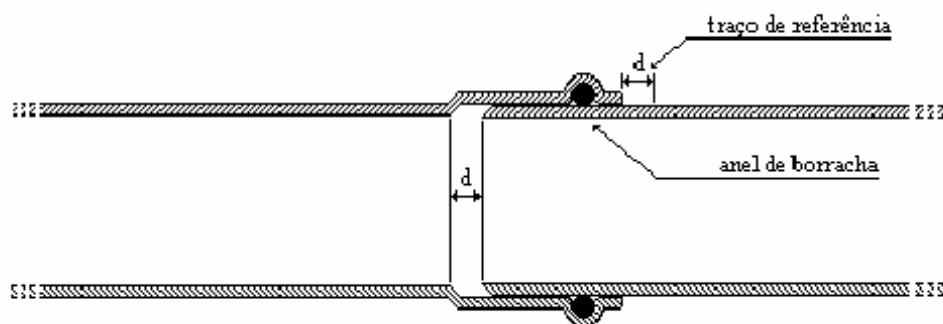


Figura 15 União por junta elástica. [27]

- União por colagem – Utiliza-se nesta união, colas constituídas por solventes fortes de PVC - solventes que o dissolvem completamente a frio. Este tipo de união já aguenta esforços axiais.

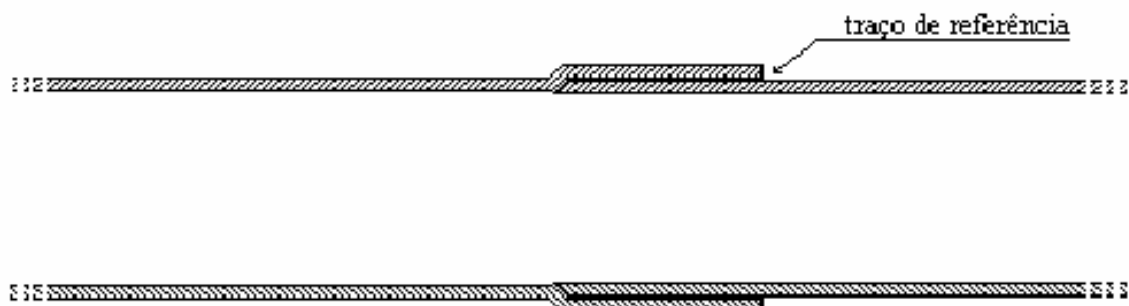


Figura 16 União por colagem. [27]

Para redes públicas de esgotos domésticos e pluviais, cujo escoamento se processa por acção da gravidade, é comercializado na forma de varas com comprimentos que normalmente possuem 6 m e diâmetros que variam entre os 110 e os 315 mm, consoante a rigidez circunferencial (SN) 2 ou 4 KN/m^2 do respectivo tubo. A união entre tubos, ou entre os tubos e os acessórios no presente caso é:

- União com junta elástica (junta autoblocante) – Um anel de borracha é comprimido e forma uma vedação, quando a extremidade de um tubo ou acessório é inserida no abocardo/campânula deste tipo. Esta união não aguenta esforços axiais.

3.2.3.3 Polipropileno (PP)

Os tubos de polipropileno existentes no mercado são fabricados a partir do polipropileno homopolímero, obtido pela reacção de polimerização do propileno, ou do polipropileno copolímero, obtido pela reacção de polimerização do propileno com o etileno. Os polipropilenos copolímeros podem ainda ser em bloco (PP-B) ou em random (PP-R), função do modo como as cadeias do etileno se fixam na cadeia molecular. A copolimerização com o etileno melhora consideravelmente a resistência do polipropileno ao choque. [9], [11]

Este material revela uma elevada dureza, é resistente à fissuração sob tensão, é um bom isolante eléctrico, porém é um material combustível e a sua rigidez impossibilita pequenas mudanças de direcção. [9], [11]

Este tipo de tubagem é geralmente comercializada em varas com diâmetros que variam entre os 16 e os 110 mm, consoante a pressão nominal (PN) do referido tubo, que no caso concreto se divide em PN 10 e PN 20. Comparativamente, com as tubagens termoplásticas já abordadas, trata-se do material menos usual, em redes públicas de distribuição de água.

Em redes públicas de drenagem de esgotos domésticos e pluviais o mesmo material é bastante utilizado, possuem uma estrutura de paredes duplas, formada por uma parede interna lisa e uma externa corrugada, uma vez que a sua forma exterior é diferente da do polipropileno anteriormente referido (PP-B, PP-R), ou seja, não é lisa, o respectivo material é designado por Polipropileno Corrugado (PP Corrugado). [28]

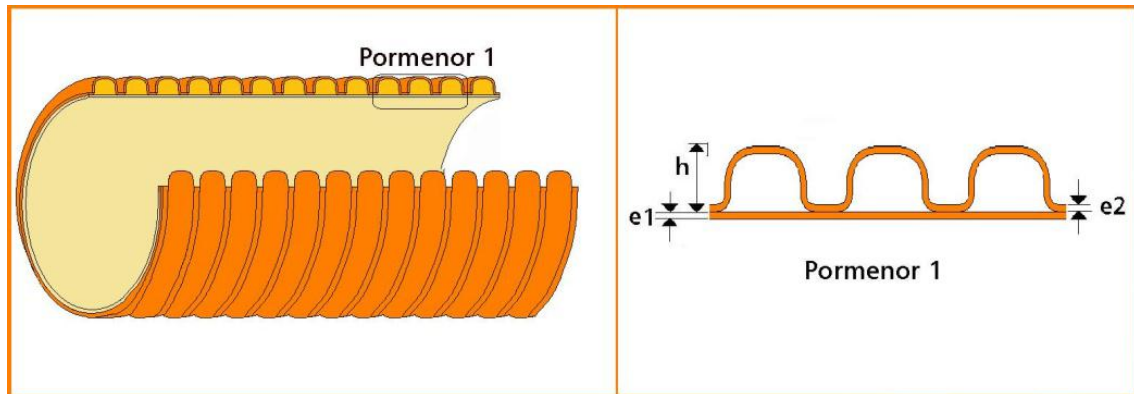


Figura 17 Perfil do tubo corrugado. [28]

Este tipo de tubagem é geralmente comercializada em varas de 6 m com diâmetros que variam entre os 125 e os 800 mm, consoante a rigidez circunferencial do tubo (SN) 4 ou 8 KN/m^2 do respectivo tubo. [28]

Os tipos de uniões entre tubos de PP Corrugado, ou entre os tubos e os acessórios podem ser simples, telescópicas ou de transição (C/L).

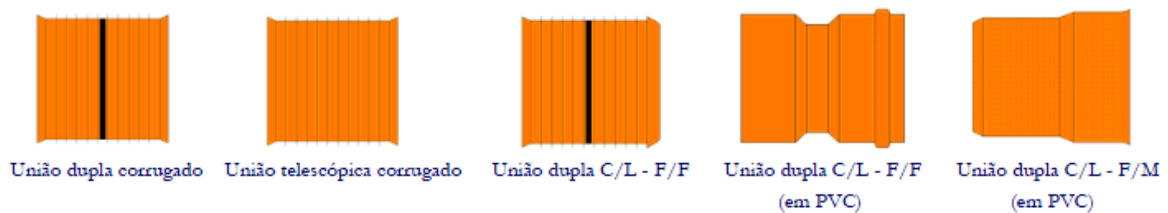


Figura 18 Exemplo de uniões duplas corrugado, telescópicas e de transição C/L.
Adaptado de [28]

3.2.4 Tubagens de Cimento

As tubagens derivadas do cimento, nomeadamente as tubagens de fibrocimento, betão simples e betão armado, são tubagens que são utilizadas à várias décadas em Portugal e em toda a Europa em redes de distribuição pública de água e drenagem pública de esgotos domésticos e pluviais. As suas principais vantagens e desvantagens encontram-se descritas na tabela seguinte.

Tabela 7. Algumas vantagens e desvantagens de tubagens de cimento. Adaptado de [29]

Vantagens	Desvantagens
Gamas de grandes diâmetros; Resistente a grandes pressões internas e externas;	Material pesado e difícil de manusear;
Menor custo; Boa resistência a solos com PH ácido;	
	Fraca resistência ao choque;

3.2.4.1 Tubagens em Betão

As tubagens de betão, face às anteriores abordadas no presente capítulo, apresentam várias desvantagens, nomeadamente o seu peso, o que dificulta o manuseamento sem auxílio de máquinas, por outro lado para diâmetros interiores equivalentes o diâmetro externo é substancialmente superior o que pode também condicionar na execução das respectivas infra-estruturas, por incompatibilidade face às infra-estruturas existentes. Contudo, as tubagens de betão não apresentam apenas desvantagens, pelo contrário, e uma das suas principais vantagens trata-se de o seu fabrico se direccionar para tubagens de grandes diâmetros, superior a 200 mm, logo, trata-se de um forte concorrente do ferro fundido dúctil, por outro lado é um material que resiste a grandes pressões internas (fluido) e externas (solo), esta resistência varia consoante o tipo de fabrico, ou seja se se trata apenas de betão simples, ou armado. [29]



Figura 19 Tubos em betão. [31]

As tubagens em betão são materiais que proporcionam grande confiança em obras de infra-estrutura, utilizam-se para captação, condução e distribuição de água com a finalidade de abastecer aglomerados populacionais, por outro lado são utilizados em redes de drenagem de esgotos pluviais e domésticos. A confiança neste tipo de material provém da alta durabilidade e segurança. Essa é a sua principal vantagem em relação a outros materiais.

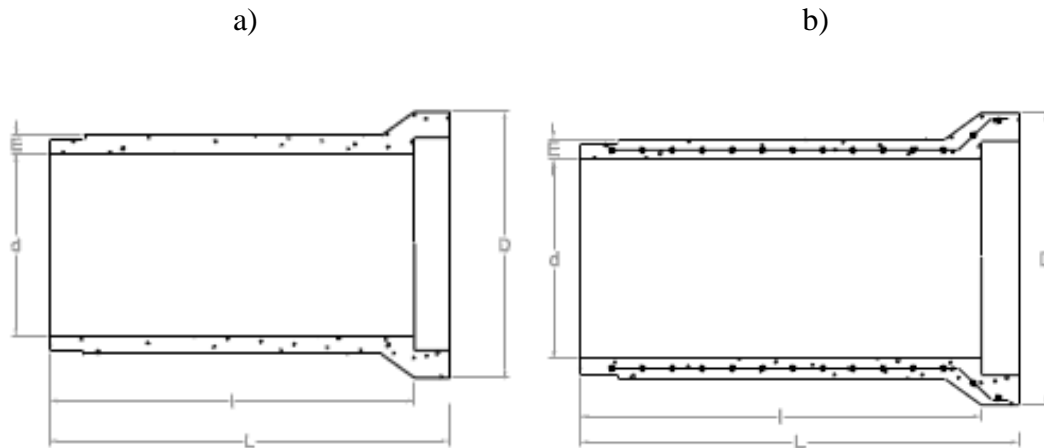


Figura 20 Corte de tubos em betão: a) em massa; b) armados. Adaptado de [29]

Tabela 8. Diâmetros comerciais de tubagens em betão. Adaptado de [29]

Tipo de Manilha	Designação	Medidas				
		D	d	L	I	E
		mm	mm	Mm	mm	mm
Massa	Manilha Ø200/1000	330	200	1075	1000	30
Massa	Manilha Ø300/2000	465	300	2105	2000	40
Massa	Manilha Ø400/2000	570	400	2105	2000	40
Massa	Manilha Ø500/2000	730	500	2105	2000	50
Massa	Manilha Ø600/2000	860	600	2120	2000	60
Massa	Manilha Ø700/1000	950	700	1045	1000	60
Massa	Manilha Ø800/2000	1180	800	2100	2000	90
Massa	Manilha Ø1000/2000	1470	1000	2115	2000	110
Armada	Manilha Ø500/2000	730	500	2105	2000	40
Armada	Manilha Ø600/2000	860	600	2140	2000	60
Armada	Manilha Ø800/2000	1180	800	2100	2000	90
Armada	Manilha Ø1000/2000	1410	1000	2115	2000	110

3.2.4.2 Tubagens em Fibrocimento (Amiantocimento)

Os tubos de fibrocimento contam com uma experiência de 60 anos de serviço em redes públicas de abastecimento de água e drenagem de esgotos domésticos e pluviais. Devido às características e comportamentos que apresentavam foram muito utilizados em Portugal e em toda a Europa. As suas principais vantagens e desvantagens encontram-se descritas na tabela seguinte. [30]

Tabela 9. Algumas vantagens e desvantagens de tubagens de fibrocimento. Adaptado de [33]

Vantagens	Desvantagens
Baixa rugosidade;	Não suporta pressões de serviço muito elevadas;
Insensibilidade à corrosão electroquímica;	Comporta-se mal em contacto, com terrenos ricos em sulfatos e águas muito agressiva;
Baixa condutibilidade térmica;	Frac resistência ao choque;
Baixo custo;	

Como é do conhecimento público, o fibrocimento é um material que contém amianto, deste modo o fibrocimento também ser conhecido como Amiantocimento. Contudo, com a publicação do Decreto de Lei n.º 101 de 23 de Junho de 2005, a comercialização, a utilização e aplicação de materiais que contenham amianto foi proibido em Portugal. [32]

3.2.4.3 Tubagens em Grés Cerâmico

Este tipo de material, possui uma estrutura interna não porosa, e é fabricado a par das porcelanas a partir de argila vitrificável, consoante a argila vitrificável se encontre na natureza ou resulte de correcção de argilas com composição química aproximada, os grés designam-se naturais ou artificiais. [34]

Os designados por Grés Naturais já contêm os produtos indispensáveis à vitrificação (Feldspatos), por outro lado aos Grés Artificiais torna-se necessário adicionar tais produtos, pois é importante que estes produtos contenham os Feldspatos indispensáveis à sua utilização. Acrescenta-se ainda que para a obtenção de um grés natural, a sua matéria-prima deve conter, para além dos Feldspatos, alcalis, óxido de ferro e cal, assim como certa percentagem de silicatos ácidos (conferem elevada resistência química). [34]

A aplicação de grés mais comum é em manilhas, obtidas em moldes prensados segundo a forma tão conhecida de tubo terminando em “fuste” e “campânula”. Normalmente cozidos em fornos intermitentes, são pulverizados com cloreto de sódio que lhes dá o vidrado interior e exterior. O vidrado interior melhora substancialmente as condições de escoamento, por outro lado o vidrado exterior melhora a sua capacidade de resistência aos ácidos. Este tipo de material não é utilizado em redes públicas de abastecimento de águas, contudo, em redes públicas de drenagem de esgotos domésticos e pluviais é frequentemente utilizado, levando mesmo a alguns serviços municipais a estabelecerem

como primeira opção de material a instalar o grés cerâmico, vidrado interna e externamente. [34], [35]

A fabricação deste tipo de tubagem deve obedecer às normas portuguesas (NP) que se descrevem na tabela seguinte.

Tabela 10. Normas Portuguesas que as tubagens de grés têm que cumprir. Adaptado de [34]

Referência	Título	Comissão técnica
NP 144:1968 (Ed. 2)	Tubos de grés cerâmico. Ensaio de ataque pelos ácidos.	-
NP 174:1969 (Ed. 2)	Tubos de grés cerâmico. Ensaio de absorção de água.	-
NP 500:1968 (Ed. 1)	Tubos de grés cerâmico. Características e recepção.	-
NP 501:1968 (Ed. 1)	Tubos de grés cerâmico. Determinação das dimensões.	-
NP 502:1968 (Ed. 1)	Tubos de grés cerâmico. Ensaio de pressão interior.	-
NP 503:1968 (Ed.1)	Tubos de grés cerâmico. Ensaio de Compressão diametral	-

4. PREVENÇÃO E GESTÃO DE RCD EM REDES DE SANEAMENTO BÁSICO

4.1 Introdução

Este capítulo tem como objectivo desenvolver um conjunto de metodologias que permitam o correcto encaminhamento dos materiais, elementos e equipamentos provenientes das operações de Construção e Demolição de Redes de Saneamento Básico. Para além disto estabelecer premissas para a elaboração de um Plano de Prevenção e Gestão de RCD neste tipo de redes.

O potencial de valorização dos materiais provenientes das actividades de construção e demolição é, como se referiu anteriormente, muito desprezado em Portugal. Daí que, neste capítulo, também se tente identificar as melhores formas de valorização de alguns dos principais resíduos da execução de redes de saneamento básico.

4.2 Guia para Prevenção e Gestão de RCD

4.2.1 Generalidades

A rentabilidade, que resulta do correcto encaminhamento dos materiais e/ou equipamentos sobranes de construções e demolições, apenas é possível através de uma gestão organizada e devidamente apoiada em procedimentos pré-definidos e técnicas adequadas.

Uma gestão baseada na prevenção e redução da produção de resíduos para ser eficiente tem de em qualquer momento: [9], [37]

- Proteger os recursos naturais (matérias-primas), evitando o desperdício;
- Não esgotar em pouco tempo as capacidades limitadas das infra-estruturas de tratamento/deposição de resíduos existentes;
- Proteger o ambiente, diminuindo a quantidade e o teor tóxico dos materiais a devolver à natureza depois da sua utilização.

A selecção de técnicas de Construção e Demolição que maximizem o potencial de reutilização ou reciclagem dos materiais e/ou elementos de um edifício ou infra-estrutura pública depende de vários factores: [9], [37]

- Quantidade de elementos e de materiais que podem ser recuperados;
- Potencial de separação dos materiais;
- Tempo de execução dos trabalhos;
- Orçamento disponível;
- Equipamentos e ferramentas disponíveis;
- Exigências locais quanto à gestão dos RCD.

O método proposto para a gestão da Construção e Demolição das Redes de Saneamento básico consiste em seguir os seguintes procedimentos: [9], [41]

- Estudo prévio;
- Inventariação dos materiais presentes nas redes de saneamento básico;
- Planos de gestão;
- Estimativa dos custos associados e viabilidade.

4.2.2 Estudo Prévio

De modo a implementar um sistema de recolha e de tratamento de resíduos é essencial obter informações sobre as condições no local da Construção e/ou Demolição, pois a separação dos resíduos em diversas fracções, requer áreas livres para a implantação dos contentores e a logística complementar aos mesmos. Outro factor a ter em conta é a implantação do restante estaleiro, nomeadamente as infra-estruturas de acesso ao mesmo, uma vez que poderão ter que se adoptar algumas restrições no transporte de resíduos (ex: tamanho dos contentores, normas de segurança, etc.).

Neste primeiro procedimento, dever-se-ão obter informações gerais sobre a área em que se vai intervencionar, desde o seu tipo até à sua utilização, através da consulta de projectos de construção, cadernos de encargos e licenças de construção, pois este tipo de informação vai permitir determinar o tipo e composição dos materiais utilizados na construção das suas

diversas especialidades. Posteriormente estes dados devem ser confirmados através do procedimento seguinte (inventariação).

É também durante esta fase que se devem iniciar o desenvolvimento de todos os planos de gestão associados ao processo de Construção e Demolição (Segurança, Organização do local e Gestão de Resíduos).

4.2.3 Inventariação dos Materiais e Equipamentos presentes nas Redes de Saneamento Básico

De modo a implementar actividades de gestão de resíduos, deve-se em primeiro lugar proceder-se à inventariação de todos os materiais e/ou equipamentos que compõem as redes de saneamento básico em causa. Este registo deverá ser feito em documento apropriado para o efeito, de modo a conseguir-se gerir correctamente todo o processo de Construção e Demolição, como mostram as tabelas 11 e 12. Os modelos das folhas de inventariação de materiais e equipamentos encontram-se no Anexo III deste trabalho.

Tabela 11. Exemplo de folha de inventariação de materiais. Adaptado de [9]

Folha de Inventariação para os Materiais				
Localização	Identificação do Material	Identificação através da LER	Quantidade Aproximada (Ton. ou m3)	N.º do Contentor a Depositar

Tabela 12. Exemplo de folha de inventariação de equipamentos. Adaptado de [9]

Folha de Inventariação para os Equipamentos				
Localização	Identificação do Equipamento	Registo Fotográfico	Descrição	Destino Final (Reutilizar - RT; Reciclar - RC)

Na análise das redes existentes de saneamento básico, o responsável deve possuir: [9]

- Planta de implantação actualizada da respectiva rede;
- Folhas de Inventariação;
- Elemento de Escrita;
- Fita Métrica ou medidor electrónico de distâncias;

- Equipamentos de Segurança Individual.

Na análise de redes novas de saneamento básico, o responsável deve possuir:

- Projecto de execução da respectiva rede;
- Folhas de inventariação;
- Elemento de escrita;
- PPG sempre que o mesmo tenha sido elaborado.

Em redes existentes, numa primeira fase será importante tentar enquadrar todos os materiais e elementos a ser demolidos em níveis de intervenção, uma vez que existirão materiais que, muito embora não sejam constituintes das redes de saneamento básico, terão que ser removidos primeiramente, de modo a possibilitar todo o processo. No que diz respeito aos equipamentos, estes devem ser alvo de uma avaliação cuidada, de modo a verificar as condições de degradação e funcionamento, para que possam ser reutilizados em vez de reciclados. [9]

Em redes novas, numa primeira fase será importante tentar enquadrar todos os materiais e elementos a ser implantados em níveis de intervenção, uma vez que existirão materiais que muito embora não sejam constituintes das redes de saneamento básico, terão de ser manuseados primeiramente, de modo a possibilitar todo o processo. Como por exemplo, os materiais provenientes da escavação, que posteriormente ao assentamento das condutas/colectores serão aproveitados depois de seleccionados para se proceder ao tapamento das valas. No que diz respeito aos equipamentos, estes devem ser alvo de uma avaliação cuidada, de modo a verificar todos os materiais a utilizar na sua implantação, para que se proceda ao correcto encaminhamento dos mesmos.

4.2.4 Planos de Gestão

De modo a garantir o sucesso das técnicas de Construção e Demolição, dever-se-ão adoptar planos para gerir as suas principais vertentes. Os principais planos a adoptar são os seguintes:

- Plano de Segurança e Saúde;

- Plano de Organização do Local;
- Plano de Gestão dos Resíduos.

4.2.4.1 Plano de Segurança e Saúde (PSS)

Tendo em conta o estipulado no Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro, o PSS constitui um dos instrumentos fundamentais do planeamento e da organização da segurança no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, ao dispor do sistema de coordenação de segurança. O plano deve ser elaborado a partir da fase do projecto, sendo posteriormente desenvolvido e especificado antes de se passar à execução da obra, com a abertura do estaleiro. O desenvolvimento do plano na fase do projecto para a da execução da obra decorre sob o impulso da entidade executante, que será frequentemente o empreiteiro que se obriga a executar a obra, ou o dono da obra se a realizar por administração directa. [38]

Na fase de execução da obra dever-se-á garantir a segurança de todos os intervenientes na obra, desde trabalhadores, fiscais, directores de obra, visitantes, etc. Para isso dever-se-á ter em conta o estipulado no Decreto-Lei em cima referido, que estabelece as prescrições de segurança e saúde mínimas a observar nos estaleiros da construção civil. Este diploma estabelece ainda regras gerais de planeamento, organização e coordenação para promover a segurança, higiene e saúde no trabalho em estaleiros da construção. Para isso introduz a obrigatoriedade da coordenação de segurança e saúde, nomeadamente através da realização do Plano de Segurança e Saúde (PSS) ou das Fichas de Procedimentos de Segurança (FPS), dependendo das características da obra em causa. [9], [38]

A arte de demolir, conforme se vai avançando no tempo, vai adquirindo um peso cada vez maior, por força de várias circunstâncias, dando origem a um tipo específico de serviços altamente especializados, que hoje em dia, se dá pelo nome de Indústria da Demolição. Existem várias Técnicas de Demolição, geralmente os processos de demolição mais utilizados são: [5]

- Manual - quando se utilizam ferramentas manuais (picaretas, pás, maças, etc) ou máquinas portáteis, tais como martelo - percussor;
- Mecanizada - quando são totalmente efectuados por máquinas não portáteis;

- Por Expansão – quando utilizam uma fonte de energia (explosivos) que desintegram os elementos da construção. (implosão ou explosão).

Porém, na demolição de redes de saneamento básico já existentes, a terceira técnica de demolição, nomeadamente por expansão, muito raramente é utilizada, pois a sua utilização é mais frequente na demolição de edifícios, ou obras de grande dimensão.

Há apenas alguns anos atrás, todos trabalhos de demolição na maior parte dos países Europeus eram levados a cabo por destruição e incineração de todos os materiais de construção ou depósito em aterro. Actualmente, a maior parte das empresas de demolição têm o cuidado de tentar reutilizar e reciclar a maior parte dos resíduos de demolição. Neste processo os resíduos resultantes da demolição são reutilizados, reciclados ou levados para aterro autorizados de forma adequada e em condições ambientalmente protectoras. Ao aumentar a reutilização e reciclagem dos resíduos de construção e demolição, a necessidade de aterros próprios é reduzida, reduz-se a procura de materiais primários e é tida em conta a demanda social de tecnologias mais “limpas”. [41]

Antes do começo duma demolição é necessário um planeamento cuidadoso, onde é definido para que zonas se deve fazer a recolha selectiva e separação dos materiais e/ou equipamentos, e quais os destinos finais para os resíduos – considerando a maior reutilização e menor aterro de resíduos possível. O objectivo é que 80% dos resíduos de demolição sejam reutilizados ou reciclados e que um máximo de 5% sejam depositados em aterros próprios autorizados. [5], [41]

O novo conceito de Demolição e/ou Desconstrução e Reciclagem é designado por Demolição selectiva e ambientalmente favorável, uma vez que é caracterizado pela remoção cuidadosa dos materiais e dos elementos construtivos, diferenciando-se da demolição tradicional em vários aspectos, entre eles o uso predominante de mão-de-obra. Daí que dever-se-á ter em conta na definição de procedimentos de segurança os seguintes factores: [5], [9], [41]

- O corte do abastecimento de água;
- O corte do funcionamento das condutas de esgotos a intervir;
- O possível contacto com materiais perigosos;

- A simultaneidade de tarefas.

Para garantia da segurança de todos os utilizadores, deverão ser adoptadas medidas de advertência para os perigos existentes, nomeadamente através da colocação de sinalização gráfica no estaleiro. A sinalização gráfica no estaleiro deverá identificar: [9], [38]

- Obrigação de uso de Equipamentos de Protecção Individual (E.P.I.'s);
- Sinalização da localização dos meios de combate a incêndios;
- Indicação de posto de primeiros socorros;
- Sinalização para evacuação de pessoas em caso de emergência;
- Proibição a entrada de pessoas não autorizadas;
- Advertência para entrada e saída de viaturas;
- Velocidade limite em estaleiro.

Os sinais deverão ser colocados, sempre que possível, à altura da visão. Sempre que se revele necessário deverá colocar-se sinalização complementar nas frentes de trabalho.



Figura 21. Exemplos de Sinalização de Segurança. [39]

4.2.4.2 Plano de Organização do Local

De modo a organizar todas as operações em obra, dever-se-á ter em conta aquando da elaboração do projecto de estaleiro, os seguintes aspectos:

- Identificação de corredores de circulação para os trabalhadores;
- Identificação de locais de entrada e saída do estaleiro;
- Identificação de contentores para recolha dos materiais resultantes da Demolição, por tipo de material e forma de valorização;

- Identificação de saídas de emergência e ainda de localização de dispositivos de combate a incêndios.

Dever-se-á ter em conta a implementação de sinalização gráfica específica, de modo a promover a correcta organização do local, bem como da separação dos resíduos. Seguidamente mostram-se algumas imagens deste âmbito.



Figura 22. Exemplo de sinalização para manter o local organizado e limpo. [40]



Figura 23. Exemplo de organização dos locais de armazenamento dos resíduos.
Adaptado de [9]

Durante a realização da obra deverá existir eficiente supervisão, com o objectivo de garantir a eficácia de todo o processo. Em função das características da obra em causa, do número de fracções de resíduos a considerar na separação e dos processos de recolha selectiva, deverá ser ponderada a presença de um coordenador responsável pela recolha de resíduos.

Nos casos de Portugal e Espanha é ainda muito improvável encontrar numa obra um coordenador responsável pela recolha de resíduos. Como tal, o número de fracções de

resíduos a considerar deve ser, o menor número de fracções essenciais de resíduos separados que possam ser tratados e possam ter um destino distinto. Não será viável proceder à separação de fracções de determinados resíduos se não existir um destino para o resíduo separado. [41]

4.2.4.3 Plano de Gestão de Resíduos

A implementação da técnica de Construção e Demolição tem inerente, operações de separação e armazenamento de resíduos. Como tal dever-se-á definir em função das fichas de inventariação dos materiais e dos equipamentos presentes nas respectivas redes, um grau apropriado de separação de resíduos (número e tipo de diferentes fracções de resíduos) e a logística de contentores adequada à realidade da obra em causa. [9], [41]

O grau de separação dos resíduos em obra deverá ser determinado de acordo com os seguintes parâmetros básicos, para escolha dos armazenamentos: [9], [41]

- Espaço disponível vs espaço necessário, em função do tipo de contentores;
- Distribuição das diferentes fracções de resíduos e materiais nas descrições e códigos de resíduos (classes de referência) estipuladas no Catálogo Europeu de Resíduos/Lista Europeia de Resíduos (CER/LER);
- Quantidade de resíduos por fracção;
- Disponibilidade local de operadores de resíduos;
- Estudo dos métodos regionais de eliminação e tratamento de resíduos para os diferentes tipos de resíduo;
- Período de produção de resíduos;
- Presença de resíduos contaminados;
- Distribuição de materiais com o mesmo código de resíduo e com o mesmo método de recolha e tratamento para a mesma fracção de resíduos;
- Definição dos resíduos a serem recolhidos separadamente devido a questões de logística de tratamento, da organização da recolha selectiva e dos períodos de produção de resíduos.

Para que os objectivos da gestão de resíduos sejam alcançados com sucesso (minimização das quantidades de resíduos que têm de ser eliminadas e, quando possível, proceder à

reutilização ao mais alto nível), tem que se conhecer as respectivas soluções de tratamento para as diferentes fracções de resíduos. Quando se analisa os métodos de tratamento de resíduos disponíveis numa determinada região, deve-se também analisar, para além das condições relacionadas com a composição das diferentes fracções de resíduos, os custos e as receitas resultantes. [9], [41]

Considerando as diferenças regionais quanto aos métodos de tratamento de resíduos, podem surgir diferentes graus de exigência em relação à limpeza da separação dos materiais e ao grau de contaminação tolerável. No caso de resíduos minerais provenientes das redes de drenagem de esgotos domésticos e pluviais e de acordo com o estipulado por cada entidade de tratamento, a porção de material cerâmico não deve exceder uma certa percentagem. Podem surgir outros condicionamentos relacionados com as medidas de materiais residuais a serem tratados (ex. sucatas), sendo necessário efectuar a preparação adequada na obra. [41]

Com vista a tornar o processo mais sistemático, deve-se aplicar a classificação para os resíduos de acordo com o indicado na LER, antes de se definir as soluções de recolha e de tratamento. Como por vezes surgem dúvidas quanto à classificação de determinados fluxos de resíduos, devem-se consultar as empresas de recolha e tratamento da zona e/ou as autoridades ambientais respectivas, com vista a atribuir o código de resíduo correcto. [41]

Para os fluxos de resíduos que sejam constituídos por vários tipos de materiais, a sua separação na obra só deve ser considerada caso implique um tempo de separação reduzido, caso os custos de recolha e tratamento possam ser reduzidos e caso as quotas de reciclagem possam ser aumentadas. A informação obtida desta forma, permite definir os métodos de recolha e tratamento regionais. Deve-se ter presente que nem todos os métodos de reutilização possíveis estão disponíveis para um determinado projecto de construção. Para se utilizar os diferentes métodos de reutilização deveriam estar disponíveis na região pontos de recolha de resíduos das centrais de tratamento e de reciclagem, de forma a reduzir as distâncias e os custos de transporte. [41]

As possibilidades de recolha e de tratamento de fluxos de resíduos mais substanciais figuram numa lista de registo de métodos de recolha e de tratamento. Para além dos métodos de recolha e de tratamento este registo contém, também, a seguinte informação: [41]

- Descrição de resíduos de acordo com a LER;
- Outros nomes pelos quais esses resíduos são frequentemente conhecidos;
- O código numérico indicado na LER;
- Contactos/moradas das empresas responsáveis pelo tratamento de resíduos.

Definidas as fracções de resíduos que se devem separar, e quais os diferentes destinos a dar aos resíduos separados, o passo seguinte é para cada fracção de resíduo determinar o tipo, o tamanho e o número de dispositivos de armazenamento de resíduos, a utilizar. Para se efectuar a escolha dos dispositivos de armazenamento de resíduos, dever-se-á ter em atenção as distâncias às frentes de trabalho (locais de produção de resíduos) e os locais dos contentores. Reduzidas distâncias permitirão reduzir o tempo despendido nas tarefas de separação e recolha de resíduos, e ainda aumentar o grau de aceitação de todo o processo pelos trabalhadores, desta forma optimiza-se todo o processo e sobretudo aumenta-se a produtividade. Esta localização deve ainda ser escolhida de forma a ser, facilmente, acessível pela grua, caso exista. Para além disto, tem que ser garantido um acesso fácil para a recolha e transporte dos contentores e dos resíduos, pois permitirá aumentar a eficiência de todo o processo.

O espaço necessário resulta do número de contentores precisos ao mesmo tempo na obra. Por isso, para se calcular o espaço total necessário, é preciso conhecer as zonas de colocação de todos os contentores. Além disso, tem que se partir do princípio que a obra está organizada de maneira a que os contentores cheios sejam substituídos por contentores vazios atempadamente. A elaboração de esquemas e de desenhos de implantação pode ser muito útil para uma utilização mais apropriada das áreas livres.

Se as necessidades de espaço para os contentores forem superiores à área livre disponível, deve-se recorrer a contentores de menor capacidade. Nesta situação, deve-se ter atenção os seguintes aspectos: por um lado, alguns fluxos particulares de resíduos exigem certas

dimensões mínimas dos contentores, devido à dimensão dos elementos desmontados, o que inviabiliza o uso arbitrário de contentores menores. Por outro lado, com pouco espaço disponível, a recolha e o transporte de contentores flexível assume uma especial importância. Finalmente, não se pode esquecer que os contentores menores levam a um aumento dos custos específicos de recolha, já que implicam maiores custos relativos ao transporte.

Se numa situação de optimização da logística de contentores, o espaço em obra para os mesmos não for suficiente (ex. zonas de grande densidade de edifícios, nos centros de cidades), tem que se reduzir o grau de separação de resíduos, encaminhando algumas fracções com menores quantidades totais para o fluxo de “resíduos de construção misturados”.

Caso as zonas de contentores cubram apenas uma parte da área livre disponível, existe a possibilidade de se utilizar vários contentores para recolher uma fracção que produza uma elevada quantidade de resíduos, evitando assim possíveis problemas de escoamento no transporte.

De seguida apresentam-se alguns exemplos de contentores com diferentes características, para armazenamento de resíduos.



Figura 24. Exemplo de contentor de armazenamento aberto. [42]



Figura 25. Exemplo de contentor de armazenamento fechado: a) Carregamento lateral; b) Carregamento tardoz. [43], [44]



Figura 26. Exemplo de contentores plásticos de armazenamento fechado: a) 2 rodas; b) 4 rodas. [45], [46]



Figura 27. Exemplo de “big bag” para armazenamento de resíduos. [47]

Os contentores de armazenamento abertos, como o da figura 24 são os mais adequados quando a fracção de resíduo a separar apresenta grande volume. Quando por outro lado os volumes das fracções a separar são reduzidos, os contentores que melhor se aplicam são os da figura 26. Os “big bags” (sacos de plástico industriais com volumes entre 0,5 – 2 m³) que requerem pouco espaço e têm um manuseamento flexível representados na figura 27 deverão ser utilizados quando o espaço disponível no estaleiro é reduzido, enquanto que os contentores fechados, como os da figura 25, são os mais adequados para o armazenamento de materiais e/ou equipamentos que possam ser alvo de furto ou de degradação por acções meteorológicas (ex: equipamentos que possam vir a ser reutilizados).

A remoção dos RCD deverá ser realizada por operadores devidamente licenciados, e o seu transporte deve ser acompanhado por uma guia apropriada para o efeito, onde se menciona o tipo de resíduo que transporta, a sua quantidade e o destino final. Os modelos das guias de transporte que fazem parte integrante da Portaria n.º 417/2008 de 12 de Março [8] encontram-se, como se referiu anteriormente no Anexo I.

4.2.5 Estimativa dos Custos Associados

Depois da realização do processo de inventariação das redes de saneamento básico e da conclusão dos planos de gestão associados à Construção/Demolição como se mencionou anteriormente, deve-se proceder à estimativa dos custos associados, e os proveitos decorrentes da valorização dos resíduos.

De forma a não calcular erradamente os custos totais da gestão de resíduos, todos os tipos de resíduos deverão ser multiplicados por um factor de segurança (cerca 1,2 - 1,3, dependendo das dificuldades da realização do processo de inventariação). Para construções novas esta contabilização torna-se bem mais difícil, visto que é muito mais complicado estimar as quantidades e os tipos de resíduos resultantes apenas com base em documentos de orçamentação e de concurso.

Neste caso, a experiência adquirida de projectos de construção já concluídos, nomeadamente de projectos de redes de saneamento básico deve servir de referência, assim como também se deve obter, junto de peritos de construção, informações relacionadas com o tipo de trabalho de construção planeado. Se a informação pretendida não se encontrar disponível, existe a possibilidade, de no contexto do concurso ou do orçamento, pedir ao dono de obra para avançar com uma estimativa sobre o tipo e quantidades de resíduos e para desenvolver um sistema de recolha e tratamento de resíduos com base nestes dados.

Os custos de aluguer e transporte de contentores desempenham um papel importante na escolha dos contentores a utilizar para o armazenamento de resíduos. Devido a este factor, deve-se pedir orçamentos, junto das empresas de recolha de resíduos que actuam na região da obra, a fim de se poder comparar as diferenças de preços para os diferentes tipos de contentores. Como alternativa a este procedimento, é possível pedir informações às empresas de recolha – independentemente do tamanho dos contentores e da duração do aluguer – sobre o preço de referência por m³ de resíduo a tratar, incluindo transporte e aluguer. Neste caso, não seria necessário contar com custos adicionais de aluguer, que por vezes surgem, por utilização prolongada do contentor. Mas, nesse caso, as companhias de recolha normalmente assumem um contentor de dimensões mínimas de cerca de 7 m³. [41]

Aquando da decisão de proceder, em obra, à recolha selectiva de resíduos em diversas fracções, deve-se considerar não só os cálculos económicos, mas também os aspectos ambientais associados à questão. Por um lado, cada fracção de resíduos necessita dum contentor próprio e, por outro lado, o transporte de cada fracção de resíduos provoca a emissão de gases poluentes e gastos energéticos. Isto significa que se deve encontrar um equilíbrio entre as vantagens duma separação mais eficaz, que permite um melhor

aproveitamento de resíduos por reciclagem e reutilização, e o elevado prejuízo ambiental causado por esta, uma vez que uma separação de resíduos mais profunda requer contentores mais pequenos, o que significa um aumento do número de viagens necessárias para o seu transporte.

4.3 Valorização dos Resíduos da Construção e/ou Demolição das Redes de Saneamento Básico

4.3.1 Generalidades

Terminado um processo de Construção e/ou Demolição de redes de saneamento básico, o próximo passo consiste na valorização mais eficiente de todos os resíduos obtidos. Deste modo, para a valorização destes resíduos, deve ser seguida a hierarquia de gestão de resíduos, na tabela seguinte mostram-se os pontos desta hierarquia.

Tabela 13. Hierarquia de gestão de resíduos. [9], [37]

Produtos/Resíduos		Produtos/Resíduos		Resíduos	
Prevenção de Resíduos		Recuperação de Resíduos		Tratamento de Resíduos	
<u>Evitar</u>	<u>Reduzir na Fonte</u>	<u>Reutilizar</u>	<u>Reciclar</u>	<u>Incineração</u>	<u>Aterro</u>

Vantagens (↓) Custos (↑)

Porém, o destino mais adequado para os materiais resultantes da Construção e/ou Demolição das redes de saneamento básico é geralmente a reciclagem. Neste sentido, tentar-se-ão definir nesta secção alguns procedimentos de reciclagem dos resíduos mais frequentemente provenientes deste tipo de actividades.

De forma crescente, as populações, as organizações e os governos, estão a reconhecer a importância de respeitar os recursos naturais, assim como a necessidade de dar um destino final adequado aos milhares de toneladas de resíduos que são produzidos por diversos sectores. É neste sentido que surge o conceito de reciclagem, devido à enorme quantidade

de resíduos gerados por diversos sectores, entre os quais o da construção civil, e à necessidade de dar um destino ambientalmente adequado aos resíduos produzidos. [10]

Deste modo, a reciclagem dos RCD é uma forma de aproximar o sector da construção civil da sustentabilidade, pois, para além de reduzir os impactos negativos dos seus resíduos no ambiente, ainda se pode tornar numa fonte de receitas, ou pelo menos levar a uma redução das despesas associadas à deposição dos resíduos em aterro, uma vez que em Portugal o destino mais comum para uma percentagem considerável dos RCD são aterros ou depósitos ilegais. [10], [41]

A reciclagem, como forma de valorização de resíduos, apresenta vários benefícios, entre os quais: [10], [48]

- Redução do consumo de recursos naturais não renováveis;
- Redução de áreas necessárias para aterro;
- Redução do consumo de energia;
- Redução da poluição;
- Redução de custos.

No entanto, a reciclagem é uma actividade que pode produzir impactos no meio ambiente, nomeadamente: [10], [41]

- Os processos de transformação de resíduos em produtos utilizam por vezes outras matérias-primas, de modo a criar um produto capaz de integrar a cadeia produtiva. A quantidade de matérias-primas e energia necessárias a esta transformação, pode tornar o processo menos vantajoso quando comparado com a produção do produto utilizando matérias-primas originais (Sem qualquer tipo de transformação);
- A reciclagem é uma actividade que também pode gerar resíduos, cujas quantidades e características (perigosidade, complexidade, etc.) são por vezes mais complexas que os resíduos que lhes deram origem;
- Devido à possibilidade de os resíduos incorporarem elementos perigosos para a saúde (ex: metais pesados, compostos orgânicos voláteis, etc.), o risco para a saúde dos utilizadores dos materiais reciclados, assim como dos trabalhadores envolvidos no processo deve ser criteriosamente avaliado.

Desta forma, a escolha da reciclagem como método de valorização de um determinado resíduo deve ser uma opção criteriosamente analisada e ponderada face às restantes alternativas de valorização de resíduos.

Nesta secção dar-se-á maior ênfase à reciclagem de materiais plásticos, uma vez que estes são os constituintes maioritários das redes de saneamento básico. Contudo também serão apresentados procedimentos de reciclagem para os materiais metálicos, materiais inertes, equipamentos eléctricos (nomeadamente bombas), produtos constituídos por mais do que um tipo de material e ainda serão apresentadas soluções de destino final para o amianto.

4.3.2 Hierarquia de Gestão de Resíduos

A redução, reutilização e reciclagem, correntemente designadas por ciclo dos 3 R's, são as principais políticas a desenvolver para uma eficiente gestão de resíduos. No entanto, revela-se essencial perceber no que consistem estas acções a desenvolver e em que situações podem e devem ser adoptadas. [9], [41]

4.3.2.1 Redução

Este é o primeiro conceito a ter em conta para uma gestão eficiente de resíduos. É fundamental perceber se é possível evitar a produção do resíduo, uma vez que quanto menor for a quantidade de resíduos produzidos, menores serão também os custos subjacentes à sua gestão. As soluções que privilegiem a utilização de menores quantidades de materiais, têm menores custos, reduzem a poluição (menor processamento e transporte), reduzem o consumo de energia e recursos naturais, e reduzem ainda a quantidade de resíduos produzidos. A utilização de materiais reutilizados, reciclados e biodegradáveis, deverá ser vista como uma vantagem na escolha de novos materiais.

4.3.2.2 Reutilização

Este processo tem como principal objectivo prolongar o ciclo de vida do material e deve ser tido em conta sempre que os materiais possuam ainda grande parte das suas propriedades, podendo por isso ser rentabilizados. O desempenho destes materiais não se limita à mesma função anterior, pois devido a técnicas de reparação ou a algumas adaptações, o material poderá ter uma utilização distinta daquela que teve inicialmente.

Este procedimento implica uma separação e triagem em obra de todos os materiais com potencial de reutilização, assim como a implementação de técnicas adequadas para a sua remoção do local de origem.

4.3.2.3 Reciclagem

Este processo permite a transformação de materiais inúteis em novos produtos ou em matéria-prima para obtenção dos mesmos. Esta solução apenas deve surgir quando as anteriores esgotaram a sua capacidade de acção, ou seja, quando já não é possível aproveitar o valor contido nos produtos através de outra forma. O sucesso deste conceito implica uma eficiente triagem, de modo a que se obtenha uma elevada taxa de reciclagem em detrimento da deposição em aterro ou incineração.

4.3.2.4 Incineração

Esta operação tem como objectivo a eliminação dos resíduos que possuam um poder calorífico significativo, ou seja de pelo menos 5000 kJ/kg. Apesar de existirem poucos dados objectivos no que diz respeito a este processo, sabe-se que, com base em algumas experiências de vários países da Europa, é possível obter através desta técnica taxas de eliminação de resíduos de cerca de 99%, sendo que as concentrações de dioxinas e furanos originadas no processo, revelam-se relativamente baixas. Esta técnica para além de permitir a redução do volume dos aterros, permite eventualmente a valorização energética dos resíduos, para a criação de novos produtos ou energia.

4.3.2.5 Aterro

Para todos os resíduos, em que a aplicação dos processos anteriormente descritos não se revele possível ou de interesse, resta apenas a deposição em aterro. O aterro é também um destino final de “eliminação”, praticamente sem qualquer possibilidade de aproveitamento.

4.3.3 Materiais Plásticos

4.3.3.1 Generalidades

O elevado desenvolvimento tecnológico, associado à crescente evolução no mundo da química orgânica, tem permitido um extraordinário nível de procura, descoberta e utilização de materiais plásticos. As suas notáveis propriedades, versatilidade de tipologia

e formas, possibilitam um vasto leque de aplicações, tornando-o num produto moderno, apetecível e cada vez mais importante. [11]

De acordo o gráfico da figura 1 da secção 2.3.3 deste trabalho, os plásticos constituem apenas cerca de 0,7% da quantidade total dos RCD no ano 1995 na Europa Ocidental, no entanto, prevê-se que esta fracção tenha aumentado, sendo ainda actualmente os constituintes maioritários das redes de saneamento básico.

De acordo com a Plastics Europe, o consumo de plásticos virgens na Europa Ocidental em 2002 foi de 37,5 milhões de toneladas, o que corresponde a 96,6 Kg/capita, e em 2003 aumentou para 38,1 milhões de toneladas, o que corresponde a 98,1 Kg/capita. Por outro lado, de acordo com a Associação Portuguesa de Indústria de Plásticos (APIP), em 2002 foram consumidas em Portugal cerca de 801 mil toneladas de materiais plásticos, correspondentes a 77,4 Kg/capita. No entanto, é de esperar que este valor continue a aumentar à medida que o desenvolvimento nacional se for aproximando da média europeia. [50]

Na Figura 28 é possível observar o consumo de plásticos (inclui materiais virgens e outros) nos países da Europa Ocidental durante o ano de 2002 e o consumo global nos anos 2002 e 2003.

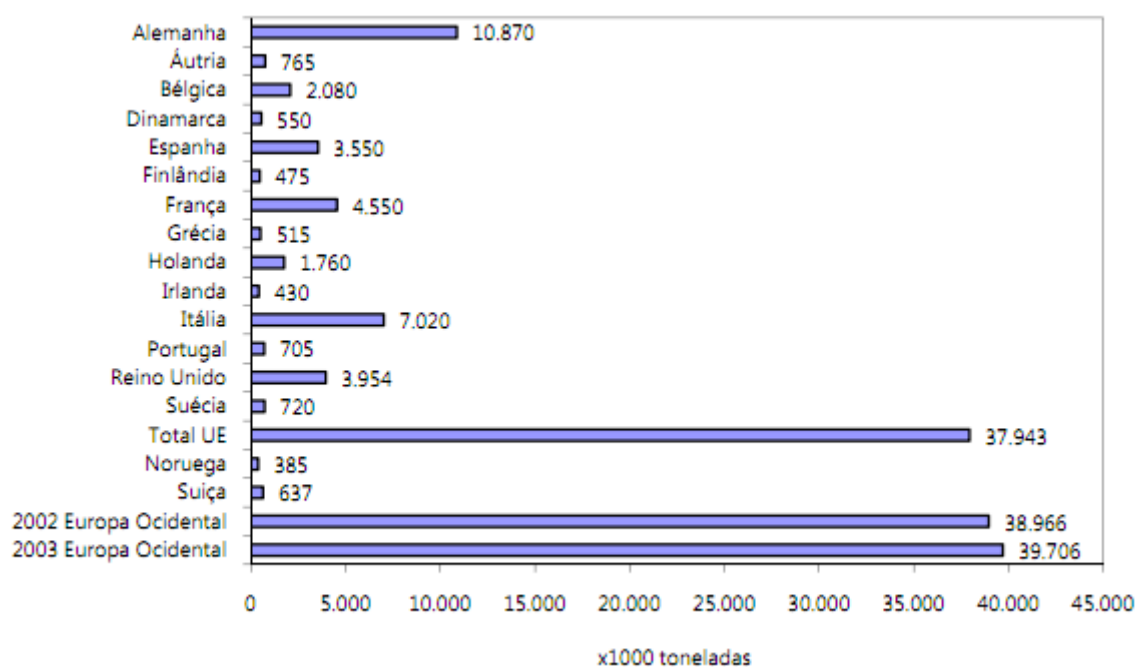


Figura 28. Consumo de plásticos na Europa Ocidental no ano de 2002. Adaptado de [50]

Os plásticos estão presentes em vários sectores da economia, sendo que os da embalagem, construção civil e da indústria automóvel são os três maiores utilizadores deste material em toda a Europa, consumindo aproximadamente 3/4 da sua produção. Porém, existem outros grandes mercados, como sejam o da electrónica, mobiliário, recreio e mesmo o dos cuidados de saúde. [49]

No que diz respeito ao sector da construção civil, os plásticos abundam cada vez mais, quer seja nas instalações hidráulicas e eléctricas, como nos acabamentos (pavimentos, isolamentos, portas, janelas, etc.). Como se referiu anteriormente, no caso de redes de saneamento básico, este material, em comparação com os materiais metálicos oferece maior resistência à corrosão e elevada resistência à penetração de agentes químicos, sendo ainda mais leves e fáceis de instalar. [49]

Neste sector de actividade, à semelhança de outros, o plástico, embora tenha uso diminuto quando comparado com outros materiais, continuará a aumentar a sua velocidade de penetração, uma vez que alguns dos materiais convencionais utilizados vão sendo

progressivamente substituídos por materiais poliméricos, daí que seja necessária a implementação de técnicas eficientes para a gestão deste fluxo de resíduos. [49], [50]

Na Tabela 14 e na Figura 29, encontram-se representados os principais sectores consumidores de plásticos na Europa Ocidental. São apresentadas as quantidades e as percentagens relativas de plásticos consumidos por sector, na Europa Ocidental, no ano de 2003.

Tabela 14. Consumo de plásticos por sector na Europa Ocidental no ano de 2003.

Adaptado de [49], [50]

Sector	Milhões de toneladas (Mt)	Percentagem (%)
Mobiliário	1,99	5,0
Indústria automóvel	7,15	18,0
Construção civil	10,32	26,0
Electrónica	1,99	5,0
Embalagens	13,50	34,0
Outros	4,76	12,0
Total	39,7	100

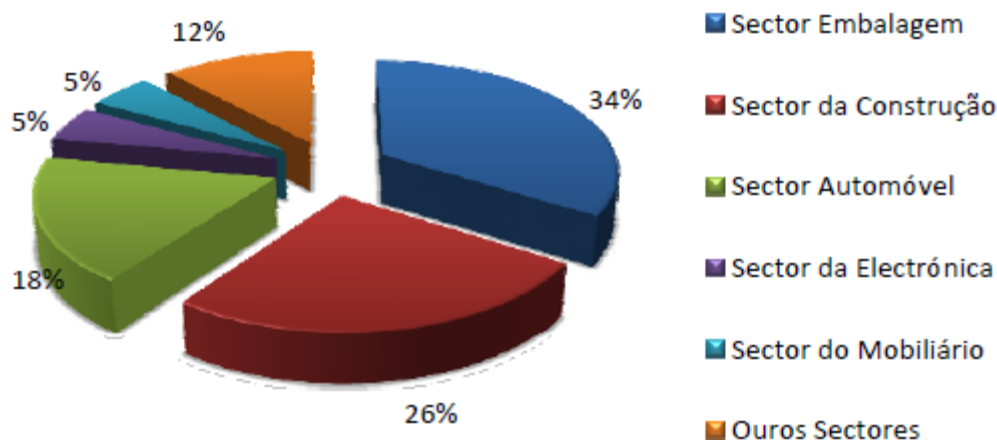


Figura 29. Distribuição típica do consumo de plástico por sector de actividade. Adaptado de [9]

Os plásticos são materiais formados pela união de grandes cadeias moleculares chamadas polímeros, que por sua vez, são formadas por moléculas menores chamadas monómeros. Os polímeros são feitos a partir da ligação química de monómeros (processo chamado de polimerização), que são hidrocarbonetos e, como tal, derivados do petróleo ou do gás

natural. As diferentes combinações entre monómeros, em tamanho e estrutura, dão lugar a resinas com propriedades e características diferentes. [11], [49]

Os polímeros, dependendo da forma como estão ligados química e estruturalmente, e em função do seu comportamento mecânico e térmico, podem ser classificados em termoplásticos, termoendurecíveis e elastômeros. Na tabela 15, encontra-se representado a comparação das três categorias de polímeros. Os mais usados nas redes de saneamento básico são os termoplásticos, que são polímeros que quando aquecidos a temperaturas elevadas formam um fluxo viscoso, podendo ser moldados plasticamente, voltando ao estado sólido quando arrefecidos. Este tipo de plásticos pode, teoricamente, ser várias vezes reauecidos e reenformados em novas formas, sem que ocorra alteração significativa das suas propriedades. Contudo, na prática, deve haver o cuidado de definir um limite de reproprocessamento destes materiais, já que este processo pode levar à degradação sua estrutura, por esta razão, procede-se à reformulação da sua estrutura, aquando a operação de reciclagem, como se refere mais à frente. [11], [23]

Tabela 15. Comparação das três categorias de polímeros. Adaptado de [11]

<i>Comportamento</i>	<i>Estrutura</i>	<i>Diagrama</i>
Termoplástico	Cadeias lineares flexíveis	
Termoendurecível	Rede tridimensional rígida	
Elastômero	Cadeias lineares interligadas	

Porém, ambientalmente a melhor forma de obter monómeros não é a partir do petróleo. Embora o acréscimo de preço os torne menos ou nada competitivos, os monómeros podem ser obtidos a partir da madeira, álcool, carvão e até mesmo do CO₂. Uma vez que todas estas matérias-primas são ricas em carbono, o átomo principal que constitui os materiais poliméricos. [11]

No passado, os monómeros eram obtidos de resíduos do refino do petróleo. Porém, actualmente, o consumo de polímeros é tão elevado que esses “resíduos” têm de ser produzidos intencionalmente nas refinarias, para dar conta do consumo. [11]

O facto de apenas cerca de 4% das reservas mundiais de petróleo serem utilizadas na produção de polímeros é utilizado como argumento de que não contribuem para a degradação do ambiente. Porém 4% das reservas de petróleo representa um recurso muito valioso. [50]

A separação dos plásticos e a sua consequente reciclagem irá aumentar a qualidade da fracção mais fácil de reciclar dos RCD, ou seja a fracção inerte, o que permitirá obter uma redução do volume de resíduos para aterros. Assim como, diminuir o consumo de petróleo (estima-se que por cada kg de plástico produzido, são necessários cerca de 2 kg de petróleo) e ainda o consumo primário de energia (estima-se que a produção de polímeros é responsável pela maior proporção de utilização de energia no fabrico de produtos de plástico, variando entre 72 e 91 por cento do consumo total de energia, dependendo do polímero). [7], [10]

4.3.3.2 Reciclagem de Plásticos

Na última década do século passado assiste-se a uma preocupação com a reciclagem dos plásticos. Este processo de conservação ambiental torna-se quase uma obsessão, pois dele depende a viabilização comercial dos polímeros. [11]

Apenas um tipo de polímeros sintéticos, os termoplásticos, que conforme referido anteriormente são os mais utilizados em redes de saneamento básico, são recicláveis, pelo que, não será de estranhar que hoje a preocupação com a reciclagem seja assunto da máxima importância. O desenvolvimento e uso dos materiais plásticos será inviável caso este problema não seja adequadamente resolvido. O futuro poderá passar, quase seguramente, pelos plásticos biodegradáveis. [11]

A correcta separação dos plásticos por tipo de material, seja por razões técnicas, por questões de saúde ou por questões ambientais, é muito importante. Contudo, normalmente os plásticos não são separados em obra de acordo com os seus polímeros constituintes, pois

quem faz a separação deste tipo de materiais, na sua maior parte desconhece o termo “polímero”, pois de uma forma geral para quem separa os plásticos, os mesmos são todos iguais.

A presença de contaminantes como vidro, papel, metal ou outros polímeros, mesmo em pequenas quantidades pode alterar as propriedades do polímero a formar. Os esforços actuais vão no sentido de se obter um produto acabado, obtido de polímero reciclado que possua propriedades o mais próximo possível do polímero virgem, de modo a serem empregues no fabrico de materiais com aplicações mais nobres.

Assim, a identificação dos plásticos consiste na primeira operação a efectuar nas unidades de triagem. A forma como é feita a separação dos plásticos está dependente de vários factores como a forma de obtenção do resíduo, as exigências do mercado (qualidade do granulado reciclado), o custo da mão-de-obra, entre outros. [51]

A identificação dos plásticos ocorre primeiramente nas unidades de triagem dos centros de recepção de resíduos, através de técnicas expeditas. Em Portugal, a identificação dos plásticos manual é realizada com base na simbologia criada pela Associação Americana de indústria de Plásticos (SPI), e que consta no artigo 8º da Directiva n.º 94/62/CE do Conselho Europeu. Porém, não existe obrigação legal de marcação dos plásticos, sendo uma aplicação voluntária capaz de ajudar os consumidores e operadores de resíduos nas tarefas de triagem. [9], [50], [52]

Símbolo	Tipo de Plástico	Exemplo de Aplicação
	PET (Politereftalato de Etileno)	Garrafas de água, refrigerantes
	PEAD (Polietileno de Alta Densidade)	Higiene, detergentes
	PVC (Policloreto de Vinilo)	Tubos, detergentes
	PEBD (Polietileno de Baixa Densidade)	Sacos, filme de paletes
	PP (Polipropileno)	Caixas de CD's
	PS (Poliestireno)	iogurte, caixa de ovos
	Outros	

Figura 30. Simbologia utilizada para identificação de plásticos. Adaptado de [52]

Porém existem outros métodos de separação de plásticos, como seja através da identificação da simbologia representada na figura 30 contida no produto acabado e/ou a utilização de testes simples, como o de odor dos vapores da queima, aparência da chama, temperatura de fusão e solubilidade, os quais são baseados nas suas características físicas e de degradação térmica. A separação dos polímeros pode também ser realizada por diferença de densidades utilizando tanques com água e/ou soluções alcoólicas ou salinas, ou com recurso à espectroscopia. De referir que estes dois últimos métodos são os possíveis quando se pretende uma separação automatizada dos resíduos poliméricos. [9], [51]

Na tabela 16 é apresentada as densidades dos principais tipos de plásticos, assim como na figura 31 é apresentado um esquema de separação de polímeros por diferenças de densidades.

Tabela 16. Tipos de plásticos e respectivas densidades. Adaptado de [53], [54]

Tipos de Plásticos	Densidades (g/cm ³)
Polipropileno (PP)	0,900-0,910
Polietileno de Baixa Densidades (PEBD)	0,910-0,930
Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	0,940-0,960
Poliestireno (PS)	1,040-1,080
Policloreto de Vinilo (PVC)	1,220-1,300
Polietileno Teraftalato (PET)	1,220-1,400

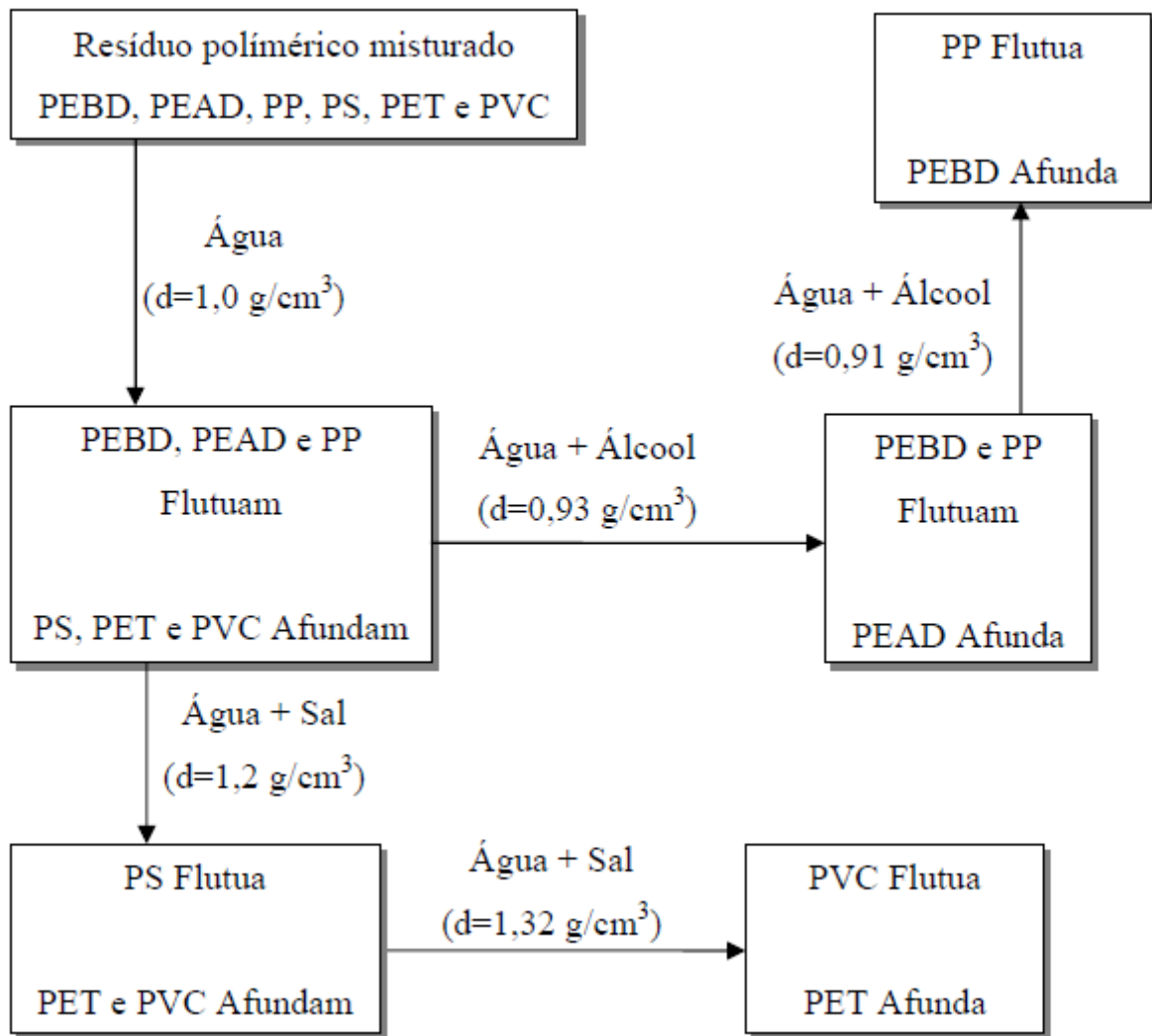


Figura 31. Esquema de separação de polímeros por diferença de densidades. Adaptado de [51]

Os métodos automáticos permitem separar os plásticos de forma eficiente. Contudo, são mais dispendiosos, razão pela qual a separação/triagem manual seja o método de separação mais comum. [50]

Depois de realizado todo o processo de separação dos resíduos poliméricos, seguem-se os processos de reciclagem propriamente ditos.

A reciclagem de polímeros pode ser classificada de duas formas distintas. A primeira foi criada no início dos anos 90 por intermédio da Sociedade Americana de Ensaio de Materiais através da norma D5033 (ASTM, 1991), segundo a qual a reciclagem de

polímeros pode ser classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária. [50], [51], [55]

A segunda é a forma mais usada para a classificação da reciclagem dos polímeros, uma vez que existe uma relação clara com o processo de transformação utilizado. Segundo esta última, a reciclagem de polímeros divide-se em três categorias: mecânica, química e energética. [50], [51], [55]

- Reciclagem Primária

A reciclagem primária consiste na conversão dos resíduos poliméricos, por processos produtivos, em bens de consumo com características de desempenho equivalentes às daqueles produtos fabricados a partir de resinas virgens. Estes resíduos são constituídos por artefactos defeituosos, aparas provenientes dos moldes ou dos sectores de corte, daí que este tipo de reciclagem também seja conhecida por reciclagem pré-consumo. Nesse caso a matéria-prima geralmente vem limpa e identificada, sendo a sua recuperação possível através da própria indústria geradora. Por exemplo, a introdução de aparas no processamento. [50], [51], [55]

- Reciclagem Secundária

A reciclagem secundária consiste na conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos designados por RSU, por um processo ou uma combinação de processos, em novos produtos. Os resíduos, alvo deste tipo de reciclagem, apresentam-se muitas vezes misturados com outros materiais. Desta forma torna-se necessário realizar a separação de todos os materiais constituintes da melhor forma, para assim se obter matéria-prima para a produção de novos produtos e de boa qualidade. Devido à origem dos resíduos, este tipo de reciclagem também é normalmente designado por reciclagem pós-consumo. Este tipo de reciclagem utiliza polímero pós-consumo, como por exemplo o uso de embalagens de PP para obtenção de sacos do lixo. [50], [51], [55]

- Reciclagem Terciária

A reciclagem terciária consiste na conversão de resíduos plásticos em produtos químicos e combustíveis, através de processos termoquímicos (pirólise, conversão

catalítica). Estes processos têm como base a despolimerização dos resíduos, ou seja, os resíduos plásticos sofrem uma decomposição química controlada gerando outros produtos. Através destes processos, os materiais plásticos são convertidos em matérias-primas que podem originar novamente às designadas de resinas virgens ou outras substâncias interessantes para a indústria, como gases e óleos combustíveis. [50], [51], [52], [55]

- Reciclagem Quaternária

A reciclagem quaternária consiste no uso dos resíduos poliméricos, para a obtenção de energia através do processo de incineração controlada. [50], [51], [55]

Os processos de reciclagem primária e secundária são também designadas por reciclagem mecânica ou física, sendo o que diferencia uma da outra, é que na primária utiliza-se polímero pós-industrial e na secundária polímero pós-consumo. A reciclagem terciária também é designada de química e a quaternária de energética. [50], [51]

- Reciclagem Mecânica

Consiste no reaproveitamento de resíduos plásticos por meio de processos mecânicos em novos produtos. Este tipo de reciclagem é mais adequado para resíduos plásticos pouco contaminados, uma vez que o processamento de materiais misturados resulta na produção de um reciclado de baixa qualidade, o que limita o número de aplicações futuras. A reciclagem mecânica é viabilizada através do reprocessamento dos polímeros, porém para esse fim são necessários alguns procedimentos, numerados de seguida: [7], [50], [51], [55]

1. Triagem;
2. Moagem;
3. Lavagem;
4. Secagem;
5. Reprocessamento;
6. Transformação do plástico num produto acabado.

Na figura 32 apresenta-se um esquema tipo das diferentes fases do processo de reciclagem mecânica dos resíduos plásticos.

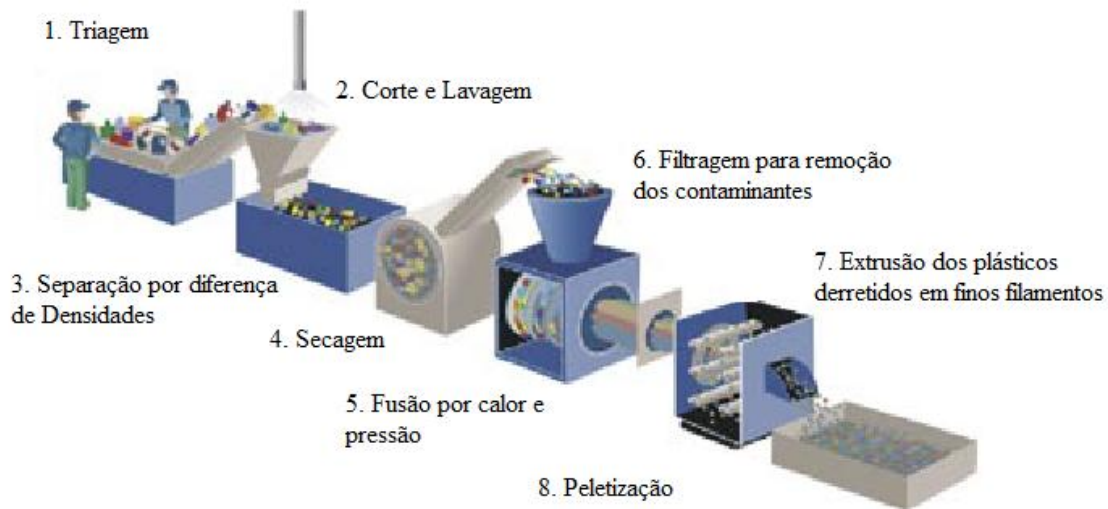


Figura 32. Esquema tipo das diferentes fases da reciclagem mecânica de plásticos.
Adaptado de [7], [49]

Triagem

Este procedimento consiste na separação dos resíduos plásticos em função dos polímeros constituintes. Conforme referido anteriormente, a presença de contaminantes afecta a qualidade final do reciclado. Assim, para a separação dos resíduos plásticos podem-se recorrer a processos manuais ou automatizados, como anteriormente foram descritos.

Moagem

Concluída a etapa de triagem/separação, os plásticos são triturados em moinhos de facas rotativas ou martelos. Esta etapa permite um melhor acondicionamento do material no equipamento de processamento, como a extrusora ou a injectora. É importante que se garanta a uniformidade dimensional do material moído, de modo a que a fusão ocorra uniformemente. É necessário ter-se especial cuidado com a presença de pó na mistura, pois este funde antes e não facilita o escoamento do material nos equipamentos de processamento. [50]

Lavagem

A lavagem é definida como sendo a descolagem e separação de sujidade aderente aos resíduos plásticos reprocessados. De modo a conseguir-se este objectivo é necessário proceder-se às seguintes três etapas: [50]

1. Encharcamento/Amaciamento: Consiste em longos banhos ou circulação intensiva de água;
2. Libertação da sujidade por circulação: Consiste na intensiva circulação do material e da solução de lavagem;
3. Separação da sujidade do plástico lavado: Consiste na remoção da sujidade mineral através da sedimentação da água de lavagem.

As águas resultantes do processo de lavagem devem ser tratadas e, em alguns casos, são recirculadas de forma a reduzir os custos de operação, promovendo assim o uso eficiente dos recursos. [50]

Secagem

A secagem é realizada com o objectivo de diminuir o teor de humidade do material plástico lavado. Os materiais plásticos podem ser lavados através de processos mecânicos ou através de processos térmicos. Através dos processos mecânicos a humidade é removida pela força da gravidade ou inércia, enquanto que nos processos térmicos são usados três mecanismos para remover a humidade: condução térmica, convecção e radiação.

Reprocessamento

Terminado o processo de secagem, é realizada uma filtragem para remoção de contaminantes, sendo posteriormente os polímeros fundidos através de calor e pressão. Seguidamente é realizada a extrusão dos plásticos obtidos em finos filamentos, semelhante a “esparguete”, de forma a serem transformados em matéria-prima para o fabrico de novos produtos, na forma de “pellets”. A preocupação fundamental deverá residir na qualidade da triagem, de modo a obterem-se matérias-primas de elevada qualidade, pois o valor das matérias-primas recicladas será tanto maior quanto maior for a qualidade da triagem. Por outro lado, é preciso ter em conta que uma triagem eficiente acrescenta valor ao plástico viabilizando uma melhor reciclagem, por outro lado quanto maior a eficiência desta

operação, maior os custos inerentes com a mesma, pelo que o nível de triagem deverá ser ponderado, tendo em conta as referidas vicissitudes. [49]



Figura 33. Exemplo de “pellets” de plástico. [56]

Transformação do plástico num produto acabado

Depois de concluído o processo de secagem, os polímeros são formulados, ou seja, são colocados aditivos como antioxidantes, plastificantes, cargas de reforço, agentes de acoplamento, etc., dependendo da aplicação final em causa. A quantidade e o tipo de antioxidantes e plastificantes adicionados no material plástico reciclado são normalmente os mesmos que os utilizados para o fabrico de polímeros virgens.

A adição de cargas de reforço é um processo que permite melhorar as propriedades dos polímeros reciclados, tornando-os assim mais competitivos aquando comparados com os polímeros virgens. Neste sentido, de forma a melhorar a adesão entre a matriz polimérica e a carga de reforço, deverá ser utilizado um chamado agente de acoplamento, tratando-se de uma molécula bifuncional que se liga quimicamente à superfície das duas faces. Uma forte ligação interfacial favorece a mistura destas fases. [51]

A formulação dos polímeros provenientes da reciclagem de resíduos plásticos também é possível através da adição de pequenas quantidades de material virgem (poliolefinas, poliésteres, poliamidas, etc.). [51]

Após a formulação do polímero, o mesmo pode ser processado de modo a obter-se um novo produto. Uma das características mais importantes dos termoplásticos é a facilidade com que estes podem ser processados. As etapas de processamento, de aquecimento, de moldagem e arrefecimento podem ser contínuas, como no caso da produção de tubos por extrusão. Na maior parte dos casos a escolha do método de processamento baseia-se na forma do componente a produzir e também na natureza do plástico a produzir (termoplástico, termoendurecível ou elastómero). [51]

Os principais métodos de processamento de produtos termoplásticos são a extrusão e a injeção, no entanto existem ainda outros processos de processamento de termoplásticos, como sendo a calandragem, a termomoldagem e a moldagem por sopro. [11]

Apesar de os três últimos processos em cima referidos, não se aplicarem em produtos provenientes de redes de saneamento básico, será feita uma breve descrição dos mesmos. De seguida descreve-se os principais métodos de processamento de produtos termoplásticos.

Extrusão

Este processo, conforme representado esquematicamente na figura 34, consiste na colocação da matéria-prima numa tremonha (em forma de cone), que a conduz até um parafuso de extrusão, onde é sujeita a temperatura elevada. Seguidamente a matéria fundida e comprimida passa por uma cabeça extrusora onde lhe é dada a forma desejada. Através deste processo podem produzir-se tubos, perfis, chapas, filmes, etc. e todos os termoplásticos podem ser trabalhados com maior ou menor dificuldade. Porém, os mais vulgarmente trabalhados são o policloreto de Vinilo, o polietileno, as políamidas e os acrílicos. [41]

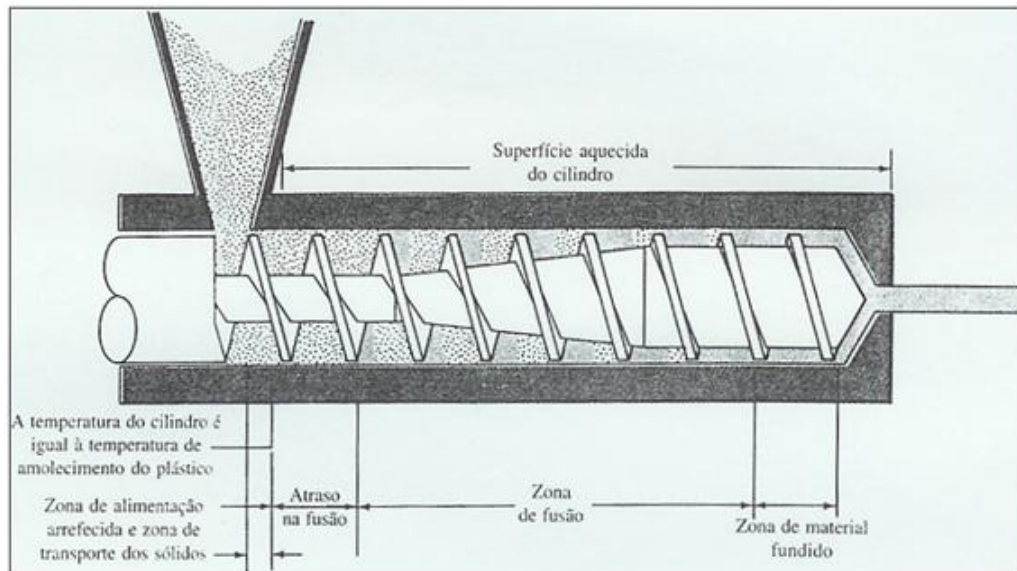
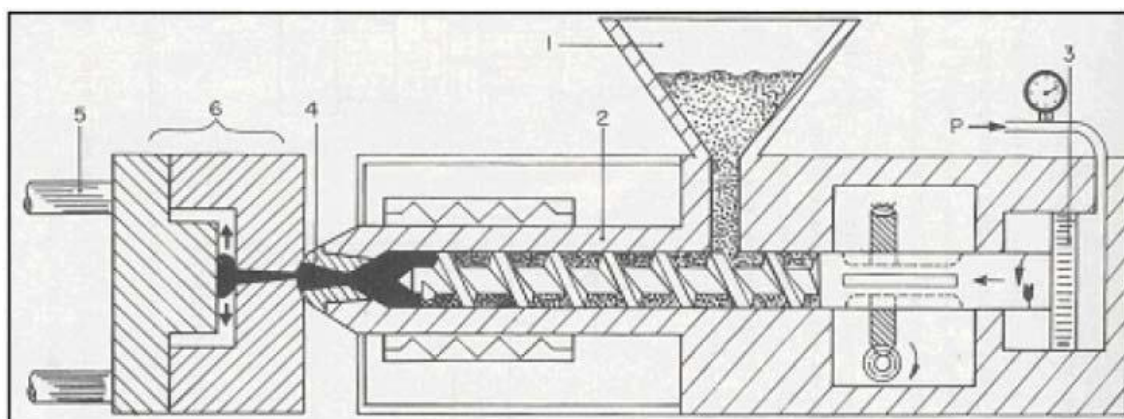


Figura 34. Esquema de uma máquina extrusora. [11]

Injecção

O processamento por injeção, conforme representado na figura 35, consiste em fundir a matéria-prima para que possa ser injectada num molde com a geometria da peça desenhada, onde permanece até se atingir um arrefecimento que permita a sua desmoldagem. Quando isso acontece o molde abre-se e a peça é expelida, reiniciando-se então o processo para criação de uma nova peça. Ao contrário da extrusão, a injeção é um processo descontínuo.



1. Reservatório para matéria-prima 2. Canhão 3. Cilindro de injeção
4. Bico de injeção 5. Sistema de fecho e abertura do molde 6. Molde

Figura 35. Esquema de uma máquina injectora. [11]

Calandragem

Trata-se de um processo em que a matéria-prima é forçada a passar entre cilindros aquecidos que rodam a diferentes velocidades e é usado na produção de filmes e chapas.

[11]

Termomoldagem

A termomoldagem, ou termoenformação, de folha é um modo de processamento de termoplásticos que consiste em induzir contra a superfície do molde, por acção de uma pressão mecânica, ou usando vácuo, uma folha de plástico aquecida. Esta técnica é usada fundamentalmente para fabrico de chapas onduladas de PVC. [11]

Moldagem por sopro

Este tipo de processo, utilizado na produção de objectos de formas cilíndricas, tais como garrafas, tambores e cântaros, um cilindro ou tubo de plástico aquecido, a que vulgarmente se chama pré-forma, é colocado entre as mandíbulas dum molde, que depois é fechado prendendo as extremidades do cilindro. A forma do objecto é adquirida injectando-se ar comprimido que empurra o plástico contra as paredes do molde. [11]

Embora cada vez mais se produzam produtos com recurso a plástico inteiramente reciclado, a utilização de matéria-prima reciclada é geralmente limitada a uma percentagem que varia com o produto em causa, sendo portanto normalmente complementada com alguma matéria-prima virgem. As razões para isto prendem-se com a necessidade de assegurar determinadas propriedades estruturais, níveis de qualidade, segurança, higiene e até mesmo de estética do produto, factores estes que a matéria-prima reciclada por vezes não consegue garantir devido ao desconhecimento da sua origem. Na tabela 17 descreve-se alguns exemplos de reciclagem de plásticos.

Tabela 17. Exemplo de produtos de matéria-prima reciclada. Adaptado de [9]

Plástico	Objectos mais adaptados à reciclagem	Exemplo de objectos que podem ser feitos com plástico reciclado
PE	Garrafas, Filmes (sacos, filmes de grupagem), grades de garrafas	Sacos, tubos, embalagens para detergentes e lubrificantes, mobiliário urbano, vedações
PET	Garrafas, embalagens	Fibras para peças de vestuário, fibras para enchimento, garrafas
PP	Garrafas, caixas, sacos, tubos	Tubos, caixas, vasos para plantas, acessórios para a indústria automóvel
PS	EPS (esferovite) – caixas, acondicionamento PS: embalagens de iogurte, caixas de cassetes e CD	EPS (esferovite) – Betão leve, aligeiramento de solos PS – Vasos para plantas, cabides
PVC	Tubos, caixilharia de janelas, garrafas	Tubos, caixilharia de janelas, solas de sapatos, perfis
Plásticos Mistos	Embalagens de manteiga e margarina, pacotes de arroz e massas, copos de iogurte	Equipamento de mobiliário urbano

• Reciclagem Química

Consiste na transformação dos resíduos plásticos nos seus constituintes químicos, através de calor e pressão, ou seja, realizando um processo habitualmente designado por despolimerização. Este processo é adequado para grandes quantidades de plásticos misturados e eventualmente sujos, sem que seja necessário realizar uma triagem exaustiva ou lavagem prévia, produzindo substâncias químicas básicas de especificações definidas e de elevada qualidade. [7], [50], [51], [55]

A reciclagem química é realizada através de processos de despolimerização por solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), ou por métodos térmicos (pirólise a baixa e a alta temperatura, gaseificação, hidrogenação) ou ainda por métodos térmicos/catalíticos (pirólise e a utilização de catalisadores selectivos). [50], [51], [55]

A reciclagem química tem a vantagem de reduzir o consumo de recursos petrolíferos usados na produção, no entanto tem como desvantagem o facto de requerer uma instalação altamente especializada, e como tal muito dispendiosa. Por estas razões, até ao momento não existe em Portugal reciclagem química de plásticos. Em Portugal existem alguns recicladores de plástico, no entanto a soma das suas capacidades totais

de reciclagem instaladas representam cerca de 10% do total de plástico colocado no mercado. [7], [49]

- **Reciclagem Energética**

Consiste no encaminhamento dos resíduos plásticos misturados para a produção de energia eléctrica e/ou térmica, devido ao elevado conteúdo calórico deste tipo de materiais. Pode também ser entendida como a queima controlada dos resíduos plásticos (incineração controlada), de forma a recuperar toda a sua energia contida. [50], [51], [55]

A incineração dos resíduos exige um elevado investimento inicial, necessita de uma alimentação em grande escala e, sendo um sistema aberto, implica sempre um sério risco de poluição ambiental, sobretudo por via gasosa. De frisar que neste processo é necessário separar o PVC dos restantes resíduos, de modo a evitar a formação de dioxinas. [50]

Após esgotadas as hipóteses anteriormente referidas para valorização dos resíduos plásticos, resta apenas a sua deposição em aterro, o que obviamente não traz nenhum valor nem vantagem, uma vez que acarreta grandes problemas ambientais, pelo que deverá ser evitado ou minimizado ao máximo este destino.

4.3.3.3 A Reciclagem de Plásticos na Europa

Na Europa, a maioritariamente a reciclagem de plásticos é realizada através de processos de reciclagem mecânica. O mercado da reciclagem destes resíduos encontra-se bastante fragmentado, caracterizado por consistir em negócios familiares, onde a maior parte das empresas especializam-se apenas na reciclagem de uma parte da fracção dos resíduos plásticos. [7]

Relativamente ao PVC, existe um compromisso voluntário da indústria europeia do PVC, o Vinyl 2010, que foi assinado em 2000 e consiste num plano de 10 anos com o objectivo de promover a melhoria contínua da adaptabilidade global do desempenho do PVC no decorrer do seu ciclo de vida. Findo o prazo de 10 anos, o referido programa será prolongado no ano de 2011, havendo uma continuidade do trabalho efectuado até 2010.

Face ao sucesso do programa Vinyl 2010, a indústria europeia do PVC já começou a pensar num eventual programa Vinil 2020. [7], [57], [58]

Este projecto pretende assim minimizar o impacto ambiental da produção de resinas mais limpas, uso responsável de aditivos e monitorização do inteiro ciclo de vida do PVC através do aperfeiçoamento dos processos de produção e dos seus produtos, investindo em tecnologias de forma a assegurar a utilização segura de plastificantes e estabilizantes, minimizando os níveis de emissões e resíduos. Pretende ainda este projecto estabelecer uma estratégia global de gestão de resíduos, de forma a utilizar matérias-primas da forma mais eficiente possível e utilizar opções de final de vida mais sustentáveis. [7], [57], [58]

O Vinyl 2010 estabelece objectivos quantificados a atingir no campo da reciclagem, o que evidencia o empenho da indústria europeia do PVC para com as gerações presentes e futuras rumo ao desenvolvimento sustentável. [57], [58]

As associações fundadoras do Vinyl 2010 e representantes da indústria do PVC na Europa são: [58]

- Conselho Europeu dos Produtores de Vinil (ECVM);
- Associação dos Transformadores de Plásticos Europeus (EuPC);
- Associação Europeia dos Produtores de Estabilizantes (ESPA);
- Conselho Europeu de Produtores de Plastificantes (ECPI).

A TEPPFA (Associação Europeia dos Produtos de Tubagens e Acessórios em Plástico) é uma associação sectorial da EuPC. Esta associação no âmbito do compromisso voluntário Vinyl 2010, reciclou em 2008 cerca de 22555 toneladas e em 2009 cerca de 16978 toneladas de tubagens e acessórios em PVC. [58]

A TEPPFA devido ao lançamento do projecto Recovinyl, projecto este criado pelo Vinyl 2010, aumentou consideravelmente as quantidades de tubagens e acessórios em PVC reciclados. O Recovinyl foi criado em 2003 de modo a incentivar um fornecimento regular de resíduos de PVC para reciclagem. Este projecto tem como principal objectivo o fornecimento de incentivos financeiros para apoiar a recolha de PVC em fim de vida, tais como tubagens, acessórios, caixilharias, etc. [57], [58]

Na tabela 18 é apresentado a quantidade de PVC reciclado para os diferentes projectos do Vinil 2010 repercutidas no relatório de progresso relativo às actividades do ano de 2009.

Tabela 18. Quantidade de PVC reciclado para os diferentes projectos do “Vinil 2010”.

Adaptado de [58]

PROJECTO	Tipo de PVC nos Resíduos pós-consumo	Tonelagem reciclada em 2008	Tonelagem reciclada em 2009	% Aumento percentual
EPCoat (incluindo Recoviny)	Tecidos Impermeabilizados	11.323	5880*	- 48,07
EPFLOOR	Pavimentos	2.524*	2.559*	1,39
EPPA (incluindo Recoviny)	Perfis de janela e perfis afins	79.877	83.288	4,27
ESWA - ROOFCOLLECT e Recoviny	PVC flexível	19.333 que consistem em	21.444 que consistem em	Ver detalhe
ESWA – ROOFCOLLECT	Membranas de telhado termoplásticas	954*	1.297*	35,95
Recoviny	Aplicações de PVC Flexível	18.379	20.147	9,62
TEPPFA (incl. Recoviny)	Tubagens e Acessórios	22.555	16.978	- 24,73
ERPA via Recoviny (incl. CIFRA)	Filme rígido de PVC	4.352	5.890	35,34
Recoviny (incl. Vinyloop Ferrara)	Cablagens	54.986	54.285	- 1,27
TOTAL		194.950	190.324	- 2,37

* Tonelagem incluindo Noruega e Suíça.

4.3.4 Reciclagem de Materiais Metálicos

4.3.4.1 Generalidades

Os metais podem ser encontrados no solo e nas rochas, sendo chamados de minérios, que são substâncias de onde é possível extrair os metais. Alguns metais, tais como o ferro e o cobre, são extraídos dos minérios já na forma a ser utilizada, enquanto outros como o aço, precisam de ser associados a outras substâncias. [9], [20]

Os metais são materiais caracterizados por possuírem elevada durabilidade, resistência mecânica e facilidade de conformação (“moldagem”). São também caracterizados por serem 100% recicláveis, uma vez que as perdas no seu processo de reciclagem são insignificantes e o mesmo processo ser economicamente viável, devido à eliminação das etapas de mineração e redução, que se caracterizam por serem muito dispendiosas. O processo pode então ser reduzido à separação de impurezas, fusão e conformação. [10], [20]

Os materiais metálicos dividem-se em dois grandes grupos, são eles: [10], [20], [59]

- Metais ferrosos;
- Metais não-ferrosos.

Do primeiro grupo fazem parte os ferros e os aços, enquanto que o segundo é formado pelos restantes metais, como o cobre, o zinco, o alumínio e o chumbo, entre outros.

Os materiais metálicos são usados desde as primeiras civilizações humanas, mais concretamente o ferro e posteriormente o aço, no entanto os danos causados pela mineração e pela deposição indevida dos mesmos no final da sua vida útil, tem despertado para a necessidade do uso racional deste recurso. Neste sentido, a reciclagem deste tipo de materiais surge como uma alternativa viável uma vez que para além da simplicidade deste processo, ele permite ainda a redução do consumo de matérias-primas e também a redução do consumo de energia, água e emissões poluentes. [20]

4.3.4.2 Metais Ferrosos

A separação dos metais ferrosos dos não ferrosos processa-se através de um electroímã, instrumento este usado para separar materiais com propriedades magnéticas dos restantes materiais. Posteriormente são direccionados para a fundição, onde são aquecidos até temperaturas da ordem de 1550°C. Após atingirem o ponto de fusão, e como tal chegarem ao estado líquido, o material é moldado. [9]

Por exemplo, cada tonelada de aço reciclado representa uma economia de 1140kg de minério de ferro, 154kg de carvão e 18kg de cal. A produção de aço a partir da reciclagem

utiliza também aproximadamente 75% menos energia do que a sua produção usando as matérias-primas originais. [9]

4.3.4.3 Metais Não-ferrosos

Como se referiu anteriormente neste grupo encontram-se metais como o cobre, o chumbo, etc. Estes metais não são magnéticos, assim terão que ser separados manualmente ou através de Correntes de Eddy (ou Correntes de Foucault). O seu funcionamento assenta no princípio de que, quando um metal condutor é sujeito a um campo magnético variante, são geradas correntes “parasitas” no metal, que geram, em resposta, outro campo magnético, com direcção contrária ao primeiro. Com resultado, o metal é repellido por ser bom condutor. [60]

Para além dos sistemas em cima referidos, existem outros, como é o caso da tecnologia Varisort, que permite a separação de vários tipos de metais e ligas, através de sensores de alta frequência. Na figura 36 estão representados equipamentos da tecnologia Varisort. [61]



Figura 36. Exemplo de equipamentos da tecnologia Varisort. [61]

Após a separação dos vários tipos de metais, segue-se o encaminhamento dos mesmos para a produção de novos produtos.

No caso do cobre, o mesmo é reciclado apenas pela fusão e inspecção antes de fundição, seja para o formato final ou para fabricação posterior. [62]



Figura 37. Exemplo de tubos de cobre prensados para reciclagem. [62]

No que diz respeito ao chumbo, trata-se de um dos metais mais conhecidos desde a mais alta antiguidade, é muito maleável e facilmente soldável, funde a 327°C , começando a amolecer um pouco acima dos 100°C e classifica-se como o mais macio dos metais pesados, sendo riscado com a unha, cortado à faca e sujando o papel. [20]



Figura 38. Exemplo de tubos de chumbo para reciclagem. [62]

A título de exemplo, na reciclagem do alumínio existe uma redução de 95% de energia em relação à sua produção a partir das matérias-primas originais. [20]

4.3.4.4 Ligas Metálicas

Estes metais são definidos como uma substância com propriedades metálicas e composta por dois ou mais elementos químicos, dos quais pelo menos um deles é metálico. O método mais comum para a produção de ligas consiste na solidificação dos seus elementos derretidos. A distinção entre metais e ligas não é totalmente clara, dado que mesmo os

metais mais puros contêm impurezas. Contudo, o termo liga costuma aplicar-se aos materiais fabricados intencionalmente mediante mistura por adição. Estas constituem a maioria dos metais utilizados comercialmente. [20]

À semelhança dos metais as ligas metálicas são classificadas e divididas da seguinte forma: [59]

- Ligas Ferrosas – As ligas ferrosas podem ser de ferro-carbono, o que representa uma grande variedade de aços, ferro-inox, ferro-níquel e ferro-carbono-manganês;
- Ligas Não Ferrosas - As ligas não ferrosas incluem as ligas leves, as ligas de cobre, de níquel e refractários.

A sua separação pode ser efectuada à semelhança dos metais não ferrosos, através da tecnologia Varisort. Após a sua separação são encaminhadas para a produção de novos produtos. [62]

Ao nível dos sistemas de saneamento básico, é de referir que é corrente o uso das ligas de cobre (latão) em alguns dispositivos de utilização (acessórios).

4.3.5 Reciclagem de Outros Materiais

4.3.5.1 Generalidades

Nesta secção referem-se algumas soluções de tratamento/valorização para outros materiais que não foram referidos anteriormente, mas que não podem ser esquecidos, pois os mesmos podem ser obtidos através dos processos de Construção e Demolição de Redes de Saneamento Básico.

4.3.5.2 Reciclagem de Tubagens de Betão

Os tubos de betão, como anteriormente na secção 3.2.4.1 foi referido, são compostos por betão simples ou betão armado, sendo que a diferença está na utilização ou não de armaduras metálicas. Deste modo, facilmente se percebe que este material face aos anteriores abordados, apresenta alguma facilidade no que a reciclagem diz respeito, isto por ser constituído por um / dois tipos de materiais, quando se trata de betão simples ou betão armado respectivamente.

Separação na Origem

O betão proveniente das tubagens de redes de saneamento básico, sendo um dos materiais mais interessantes para reutilização, pode estar misturado com solo, outros materiais de construção ou até contaminado por impurezas. Contudo, atendendo a simples precauções durante o processo de demolição, conforme referido no ponto 2.4.2 o potencial de reciclagem do betão demolido é bastante elevado, aumentando o valor dos resíduos de demolição. É inclusive vantajoso separar diferentes qualidades de betão, para maximizar o seu valor. Registos da composição, qualidade e historial do betão original são indicações valiosas para a determinação do potencial de reutilização de qualquer tipo de betão. [63], [64], [65]

Triagem e Selecção dos Fluxos Contaminados

Os fluxos de betão armado, em especial os elementos de dimensões maiores, são reduzidos em dimensão por intermédio de um martelo hidráulico e com a ajuda de uma pinça demolidora, é retirada a maioria das armaduras. O aço proveniente das peças de betão armado é reencaminhado para siderurgia para ser reciclado, seguindo todos os processos referidos na secção 4.3.4. Os fluxos de betão, misturados de materiais minerais não contaminados – betão e pedras – passam por um processo de pré-segregação com o objectivo de remover a fracção 0-5 mm, sendo o restante material encaminhado para britagem. Quanto aos materiais aceites que apresentem contaminações, são submetidos a um circuito de triagem (mecânica e manual) do qual deverão sair suficientemente limpos, de modo a prosseguirem o processamento normal como materiais minerais não contaminados. [20], [63], [65]

Britagem e Crivagem

Após a triagem os materiais podem ser britados “in situ” ou transportados para uma central fixa, na figura 41 apresenta-se alguns exemplos destes equipamentos. Os materiais a serem britados são constituídos apenas por resíduos seleccionados de forma a resultarem valores de contaminação mínimos. [20], [63], [65]

A britagem é feita por intermédio de uma britadora de impacto (Impactor) ou uma britadora de maxilas, onde os materiais são reduzidos às dimensões desejadas. Os

parâmetros reguláveis da britadora devem ser ajustados consoante o tipo de material a ser britado e, em especial, consoante o tipo de produto que se pretende obter. [63], [65]

À saída da britagem, o produto britado passa por um separador magnético que retira os restos de metal ainda existentes no fluxo. Estes são reencaminhados conjuntamente com os resultantes de outras etapas do processo de reciclagem. [63], [65]

O material resultante da britagem é um 0-80 mm (pode servir por exemplo para um tout-venant de qualidade). Para obtenção de parcelas comercializáveis com vista a outras aplicações o produto britado passa por um crivo que separa as diversas parcelas. [65]

À parcela de finos de britagem não se deverão juntar os finos resultantes da pré-britagem provenientes da passagem pelo crivo primário, pois estes últimos geralmente contêm percentagens consideráveis de partículas finas contaminantes, como gesso, matérias orgânicas e poeiras diversas. [63], [65]



Figura 39. Exemplos de instalações e equipamentos para britagem de resíduos. [20]

Armazenamento e Saída de Produtos Finais

Todos os stocks que não estejam separados fisicamente deverão ser separados por uma distância na base de pelo menos 4 m para garantir não existirem misturas entre stocks, e facilitar as operações de armazenamento, cargas e descargas, nomeadamente dos veículos intervenientes nessas operações. Todos os stocks de material devem estar devidamente identificados e cabe ao responsável identificar e supervisionar as acções de depósito e carga de material. [63], [65]

Na figura 40 apresenta-se o funcionamento geral da central de produção de agregados de reciclagem.

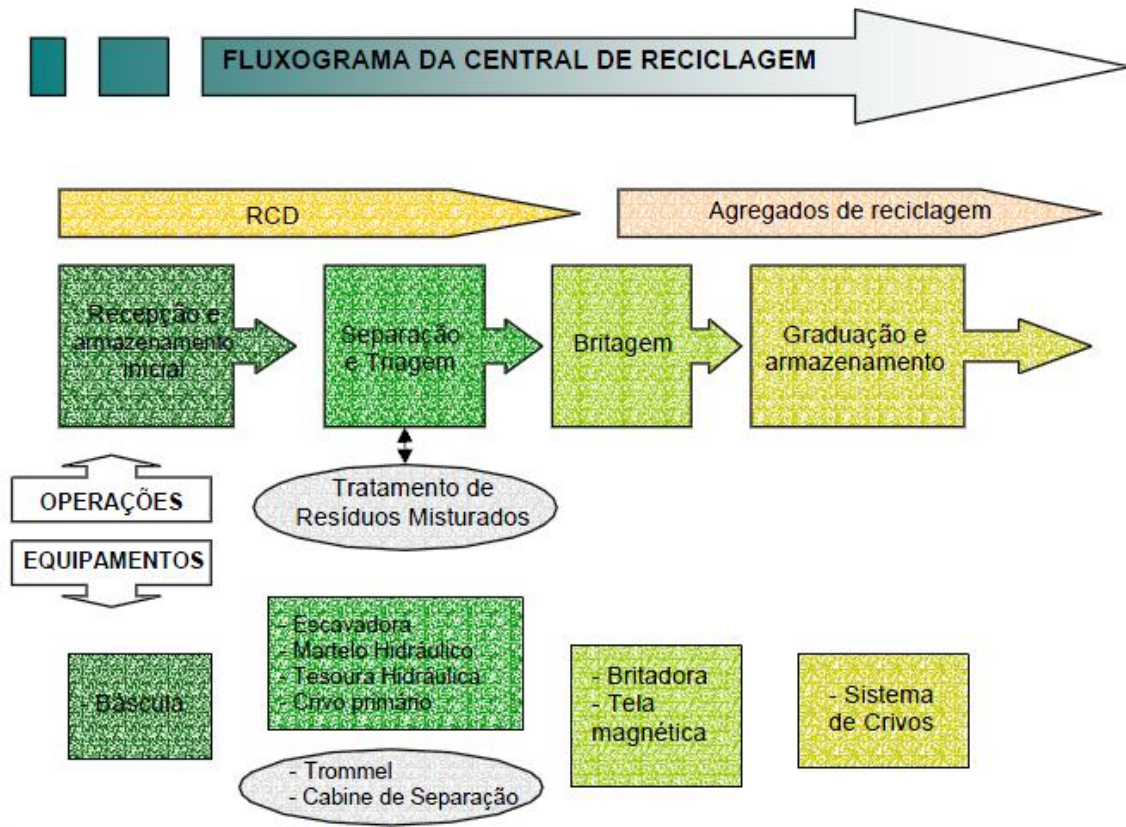


Figura 40. Fluxograma representativo do funcionamento interno da central de reciclagem. [65]

Após este processo os agregados originados podem ser reutilizados. No que diz respeito à aplicação dos agregados reciclados, foram publicadas em 2006, em Portugal, pelo LNEC quatro Especificações Técnicas. Estas servem como guias para a reciclagem e para a reutilização dos RCD e dos agregados reciclados: [60]

- E 471 – Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos;
- E 472 – Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central;
- E 473 – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligantes de pavimentos;
- E 474 – Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camadas de leito de infra-estruturas de transporte.

A legislação em vigor no que respeita aos RCD (Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março) incentiva a utilização destas Especificações de modo a promover a correcta valorização dos RCD. [3]

4.3.5.3 Reciclagem de Tubagens de Fibrocimento

Os tubos de fibrocimento, como anteriormente na secção 3.2.4.2 foi referido, são compostos por amianto. O amianto devido às suas excelentes características físicas e químicas as quais se destacam as descritas na mesma secção, foi um dos materiais mais utilizados na indústria do século XX. Deste modo, a sua utilização propagou-se a vários sectores, entre os quais o da construção civil, e no que diz respeito às redes de saneamento básico, este material foi muito utilizado em condutas de fibrocimento e também em reservatórios. [66]

O amianto representa um risco para a saúde devido à libertação de fibras para o ar ambiente, que podem ser inaladas. Na remoção deste material deverão ser cumpridas todas as normas de segurança e saúde em vigor, não esquecendo também as normas ambientais. Neste sentido, os trabalhos de remoção, acondicionamento e transporte deverão ser comunicados à ACT (Autoridade para as Condições do Trabalho) e só após o parecer favorável deste órgão os trabalhos poderão começar. [66]

Na figura 41 são apresentados alguns exemplos de regras de segurança aquando da presença de materiais com amianto.

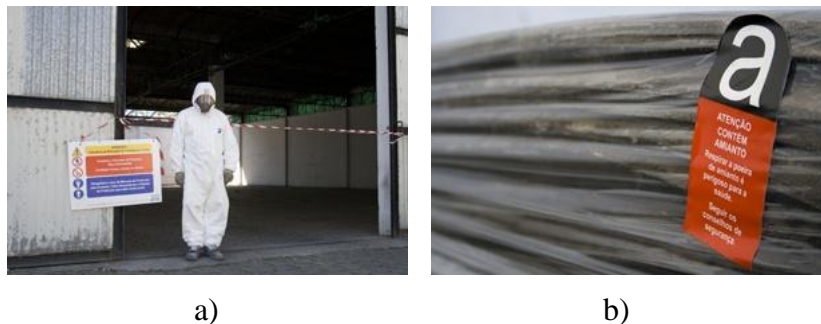


Figura 41. Exemplo de aplicação de regras de segurança na presença de amianto; a) equipamento de protecção individual; b) indicação de material com amianto [66]

Depois de removido, o amianto é acondicionado adequadamente de modo a ser enviado para aterros devidamente autorizados a receber produtos tóxicos. No entanto a solução mais ecológica consiste na sua incineração, através de uma incineradora de Plasma. [66]

A técnica de Plasma Pirólise, como habitualmente é designada, é uma tecnologia dedicada à destruição de resíduos, sendo genericamente definida como sendo a decomposição química por calor na ausência de oxigénio. Este processo, ao contrário do processo de incineração, é endotérmico, uma vez que é necessário fornecer externamente calor ao sistema para que o processo possa ocorrer. Esta técnica permite que materiais, mesmo os perigosos sejam tratados, sendo que os materiais são recuperados em três formas distintas: na forma de gás sintetizado de plasma; na forma de materiais inorgânicos (silicatos vítreos); e na forma de metais no estado líquido (caso existam metais em quantidades suficientes). [67]

4.3.5.4 Reciclagem de Tubagens de Grés Cerâmico

Os RCD podem ser classificados como inertes, não perigosos e perigosos. Destas categorias, os mais representativos são sem dúvida os materiais inertes, onde estão inseridos os materiais cerâmicos. Os materiais inertes representam 40 a 50% dos RCD. [60]

Os tubos de grés cerâmico, como anteriormente na secção 3.2.4.3 foi referido, são constituídos por argila vitrificável. No que respeita à reciclagem deste tipo de material, a mesma é feita de forma análoga à do betão, não só por se tratar de um resíduo inerte, mas porque no capítulo 17 da LER os referidos materiais encontram-se no mesmo subcapítulo. [1]

Na figura 42 são apresentados exemplos de equipamentos de reciclagem de inertes e o seu armazenamento dividido por cores.



Figura 42. Exemplo de equipamento de reciclagem de inertes e o armazenamento dividido por cores. [60]

4.4 Dificuldades, Desafios e Estratégias para o sucesso da Reciclagem de RCD

A forma de valorização dos materiais/equipamentos das redes de saneamento básico está dependente do sucesso da implementação da técnica de Reciclagem de RCD. Por este motivo, revela-se importante definir nesta secção quais são as dificuldades que normalmente esta técnica encontra. De seguida apresenta-se alguns instrumentos/medidas a criar pelas autoridades governantes, de modo a incentivarem o recurso à técnica de Reciclagem de RCD, onde tal possa ser aplicável. Por último serão referidos alguns princípios chave a seguir na concepção de uma nova rede de infra-estruturas, para que a técnica de Reciclagem de RCD seja facilmente implementada aquando do fim do período de vida útil dos seus materiais ou componentes.

As dificuldades/desafios que a técnica de Reciclagem de RCD, encontra na sua implementação são: [9], [37], [68]

- Num projecto de construção civil, o tratamento dos RCD não contribui para a qualidade do produto final, a obra, daí a razão da existência de alguma inércia por

parte dos intervenientes no sector, desde promotores, projectistas a empreiteiros, entre outros;

- Os componentes das redes de saneamento básico não foram projectados para serem desmontados, e a variedade de soluções e técnicas construtivas existentes, dificultam esse desmantelamento;
- A dificuldade de implementação de técnicas de demolição de componentes das redes de saneamento básico, e por vezes a inexistência de ferramentas apropriadas para o efeito, dificultam todo o processo de Demolição e posterior Reciclagem;
- O tempo gasto na actividade de Demolição e Reciclagem, os custos de remoção e armazenamento dos elementos demolidos são normalmente superiores quando comparados com a Demolição Tradicional;
- A actividade de Reciclagem de RCD exige maior coordenação entre equipas, e por vezes o recurso a mão-de-obra especializada, que nem sempre está disponível, e como tal encarece todo o processo;
- O sucesso de implementação da técnica de Demolição e Reciclagem de RCD exige espaço no estaleiro para uma eficiente triagem e armazenamento dos materiais e equipamentos demolidos, o que na maior parte não está disponível, principalmente nos centros urbanos, onde os estaleiros são extremamente pequenos ou mesmo inexistentes;
- A inexistência de operadores de gestão e valorização de RCD localizados nas proximidades das obras onde são implementadas técnicas de Demolição e reciclagem, encarece todo o processo de gestão de resíduos, devido às despesas de transporte;
- Numa perspectiva puramente económica, as quantidades e qualidades dos materiais e equipamentos demolidos nem sempre justificam a adopção desta técnica, porém do ponto de vista ambiental e da sustentabilidade é sempre viável;
- A incapacidade que produtores de RCD têm, devido às características do sector, em oferecer quantidades estáveis de matéria-prima para valorização aos operadores de resíduos, encarece todo o processo;
- Alguns dos materiais e equipamentos demolidos, obrigam a elevados custos de reparação, o que lhes tira competitividade, quando comparados com a aquisição de

novos. Porém, é preciso não esquecer que existem produtos reciclados que poderão ser mais baratos do que a utilização dos produtos originais;

- A existência de barreiras psicológicas quanto à utilização de materiais e equipamentos reciclados ou recuperados na construção civil, revela-se muitas vezes num grande entrave.

As autoridades governantes têm um papel preponderante na promoção da recolha selectiva e valorização de RCD, criando para tal enquadramentos legais e instrumentos financeiros que potenciem o recurso à técnica de Construção e Demolição, quando se reúnam condições para que a mesma possa ser aplicada. Seguidamente apresentam-se alguns instrumentos/medidas que podem ser criados: [7], [9], [37]

- Penalizar com taxas elevadas os resíduos depositados em aterro e os resíduos enviados para incineração, será uma forma de encorajar uma gestão efectiva dos RCD, indo em sentido oposto ao que se tem assistido nos últimos anos;
- Promover a criação de infra-estruturas locais adequadas às realidades existentes, de modo a promover as actividades de gestão de resíduos e diminuir os custos inerentes com as mesmas;
- Promover a triagem de RCD, nomeadamente através da anulação de impostos e taxas de circulação para os contentores, nos centros urbanos;
- Criação de incentivos financeiros para as actividades de reciclagem, como seja o exemplo da redução do IVA;
- Criação de incentivos financeiros para os Donos de Obra e Entidades Executantes que promovam as actividades de reutilização e reciclagem de materiais e equipamentos demolidos;
- Criação, nos cadernos de encargos dos concursos públicos e projectos de construção, de procedimentos de triagem de resíduos e formas de valorização dos mesmos;
- Criação de procedimentos de selecção de empreiteiros aquando dos concursos públicos, pela utilização por parte dos mesmos de materiais e/ou equipamentos reutilizados ou reciclados;
- Criação de campanhas de consciencialização e comunicação, com o objectivo de incentivar os diferentes intervenientes no sector da Construção Civil a adoptarem

políticas de valorização dos RCD (não esquecendo os trabalhadores, pois é deles que depende o sucesso do processo de triagem);

- Criação de mecanismos para certificação e promoção dos produtos já utilizados ou reciclados, para novas aplicações, de modo a criar condições de competitividade com os materiais virgens. No entanto, as condições/critérios para matérias-primas secundárias ou recicladas não devem ser mais exigentes do que para as matérias-primas primárias.

Quando se fala de construção sustentável, fala-se de uma nova forma de projectar, construir e manter edifícios assim como infra-estruturas, tendo em vista a eficiência de recursos, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras. Trata-se de uma definição que abrange todo o ciclo de vida do edifício e/ou da infra-estrutura em causa, desde a fase de projecto/concepção até à sua Demolição. [9], [69]

A construção sustentável segue as mesmas etapas que a construção tradicional, porém a grande diferença reside no facto de em todas as fases se procurarem integrar os princípios da sustentabilidade. A construção sustentável assenta em três vertentes principais: vertente social, vertente económica e vertente ambiental. [9], [69]

Combinando os vários princípios inseridos nas opções referidas e nas considerações anteriores, na figura 43 apresenta-se um modelo conceptual para a construção sustentável.

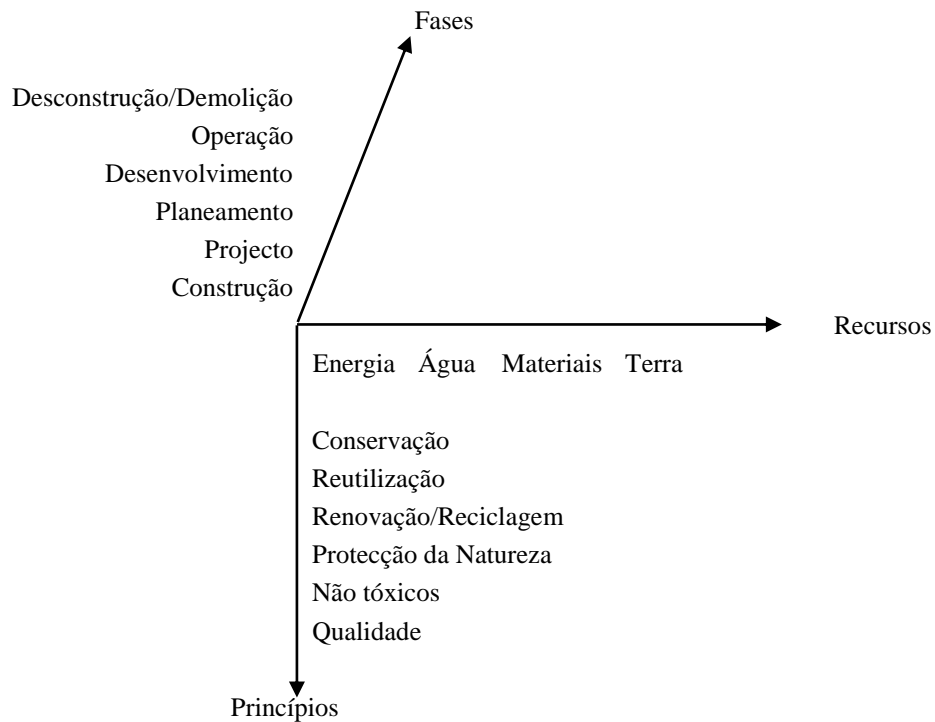


Figura 43. Modelo de construção sustentável. [69]

Um dos principais problemas enfrentado pela Demolição e Reciclagem é o facto de que até recentemente, a maioria dos projectistas e posteriormente os executantes idealizavam as edificações e/ou infra-estruturas como sendo permanentes, e desta forma não havia a preocupação em criar condições para a sua futura Demolição e/ou Reabilitação. Como tal este conceito deve ser reflectido e implementado a montante da construção de qualquer edificação e/ou infra-estrutura, desta forma deverão ser seguidos nessa fase alguns princípios fundamentais que promovam a Demolição e posterior reciclagem dos componentes dos edifícios e/ou infra-estruturas.

De seguida apresentam-se alguns dos principais aspectos que os projectistas deverão ter em consideração, de modo a criar condições para a aplicação do conceito Construção Sustentável: [9], [69], [70]

- Projectar de acordo com a esperança de vida da construção;
- Adoptar uma abordagem mais integrada do projecto, tendo em consideração os fundamentos da construção sustentável, e saber como interpretar a etiquetagem ambiental;
- Facilitar a reutilização e reciclagem dos materiais e equipamentos;

- Considerar as qualidades ambientais dos materiais de construção como um ponto de partida do projecto;
- Desenvolver soluções de projecto do ponto de vista dos objectivos ambientais do produto final;
- Desenvolver o processo de concepção conjuntamente com os outros profissionais a fim de conseguir soluções optimizadas, usando métodos e ferramentas que lhes permitam controlar não só a estética e o custo, mas muitas outras variáveis, como a vida útil, os intervalos de manutenção, agentes poluidores, factores de saúde dos utentes, aquecimento e humidade, tecnologia, entre outros;
- Privilegiar o uso de pré-fabricação;
- Centrar a concepção funcional, sobre a fase de exploração (longa vida útil e flexibilidade de uso do edifício e/ou infra-estrutura);
- Centrar o projecto técnico na durabilidade dos componentes, bem como na sua reparabilidade, da facilidade de demolição e posterior reciclagem dos componentes, adoptando sistemas abertos e técnicas avançadas de ligação e montagem;
- Evitar materiais compósitos, tóxicos e perigosos;
- Usar materiais reciclados e recicláveis;
- Minimizar o número de tipos de materiais e componentes, assim como o número e tipo de conexões entre os vários elementos;
- Guardar toda a informação sobre a construção do edifício e/ou infra-estrutura em causa (ou sua reabilitação), não esquecendo o seu processo de montagem.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

O trabalho desenvolvido enquadra-se num tema que nos últimos anos tem ganho bastante relevo. Hoje em dia a opinião pública reconhece a importância de respeitar os recursos naturais e o meio ambiente e, como tal, tornou-se forçoso a adopção de políticas de sustentabilidade.

A construção civil é uma actividade que existe desde os primórdios da humanidade, no entanto tem-se assistido ao seu desenvolvimento acelerado nas últimas décadas, que se traduziu entre vários impactos negativos, num aumento da produção de RCD e na crescente dificuldade da sua gestão, causando um impacto ambiental proporcional à sua dimensão.

O crescimento dos RCD e o consumo incontrolado de matérias-primas põem em causa a sustentabilidade do sector da construção civil e até mesmo, o próprio bem-estar do ser humano. É neste contexto que surge a Prevenção e a Gestão dos RCD, pois é uma forma de aproximação da sustentabilidade, uma vez que permite gerar matérias-primas capazes de substituir as naturais originais.

A Prevenção e Gestão de RCD é, como se referiu anteriormente, um processo que visa acompanhar a Construção e Demolição Selectiva / Desconstrução desde a fase de projecto, passando pela execução / manutenção e por último mas não menos importante a fase da reabilitação/ampliação/remodelação de um determinado edifício e/ou infra-estrutura. Este processo tem como principal objectivo a recuperação da quantidade máxima de materiais e elementos dos edifícios e/ou infra-estruturas, promovendo a sua reutilização ou reciclagem em alternativa à sua incineração ou deposição em aterro.

As obras que implicam demolições totais ou parciais de edifícios e/ou infra-estruturas (no caso de reabilitações) serão cada vez mais frequentes no nosso país devido à densidade de edificações danificadas e de infra-estruturas cujo tempo útil de vida terminou ou está a terminar, e também devido à necessidade de adaptação e melhoramento das mesmas tendo em conta os novos padrões de exigência de qualidade, conforto e cumprimento de nova legislação.

De facto, num momento em que se verifica a expansão do volume de resíduos produzidos, é crucial dar início a uma tradição de Prevenção e Gestão desses mesmos Resíduos. Assim, o património construído deve ser visto como uma reserva de materiais que é preciso aproveitar quanto antes, uma vez que permite preservar a energia e a matéria-prima investida nesses materiais e ainda abrandar o consumo de recursos naturais não renováveis.

No que respeita ao processo de Prevenção e Gestão de RCD, aplicado às redes de saneamento básico, interessa realçar a distinção entre a demolição tradicional e a Demolição Selectiva / Desconstrução pelo facto de esta última se focar nos trabalhos de desmontagem e valorização de equipamentos, materiais e instalações das construções. Assim, o que as distingue é o maior recurso a técnicas de desmonte preciso e a trabalhos diferenciados de remoção de materiais. Deste modo, importa conhecer os materiais e equipamentos mais convencionais nos sistemas de saneamento básico. Por estas razões, no capítulo 3 procurou-se apresentar de forma resumida todos os principais materiais e equipamentos possíveis de encontrar nos sistemas de saneamento básico.

Antes do início de uma obra de Construção e/ou Demolição Selectiva / Desconstrução dos sistemas de saneamento básico é necessário um planeamento cuidadoso, no qual se devem seguir um conjunto de procedimentos pré-definidos, como se procurou definir no capítulo 4. É durante esta fase que é necessário realizar um planeamento cuidadoso, onde são tomadas algumas decisões, entre as quais, definir os destinos finais para os materiais sobranes de construções novas ou provenientes de demolições e equipamentos demolidos.

A forma de valorização dos materiais e equipamentos demolidos tem como principal problema a triagem realizada na origem, pois muitas vezes a falta de conhecimento dos

intervenientes, a inexistência de alguém responsável por fiscalizar todo o processo e sobretudo a falta de espaço em obra para realizar a mesma evidencia-se e os materiais com capacidades de valorização acabam por ser contaminados por outros. Resta apenas, nestes casos, a sua incineração ou deposição em aterro dos elementos sobrantes ou demolidos, soluções estas que não permitem obter qualquer valor económico ou ambiental face à reutilização ou à reciclagem. O objectivo deverá ser a reciclagem eficiente de todos os materiais sobrantes ou demolidos e a reutilização dos equipamentos que possuam condições para tal.

A vida útil dos materiais e equipamentos dos sistemas de saneamento básico não se esgota quando estes são removidos. Desta forma são sujeitos a técnicas de valorização, entre as quais a reciclagem, de modo a integrarem um novo ciclo de vida. Por esta razão, no capítulo 4, procuraram-se também apresentar alguns métodos de reciclagem para os materiais e equipamentos sobrantes ou demolidos dos sistemas de saneamento básico.

Com este trabalho pretende-se deixar uma mensagem de empenho e incentivo a todos os intervenientes no sector da construção civil. No entanto, também se cria uma mensagem de esperança, uma vez que o sector da construção civil se apresenta como potencial consumidor de resíduos.

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como desenvolvimentos futuros aponta-se à sensibilização dos projectistas para o desenvolvimento do projecto das construções tendo em conta a sua fácil desmontagem e a possibilidade de adaptação a várias funções. Desta forma, a concepção de edifícios e/ou infra-estruturas para a sua fácil desmontagem e valorização dos materiais e equipamentos demolidos deverá ter em consideração o que foi referido na secção 4.4. Nesta secção apresentaram-se um conjunto de dificuldades/desafios e ainda alguns instrumentos/medidas, que deverão ser tidos em consideração na realização de trabalhos futuros.

Em consequência da falta de conhecimento e de experiência no que diz respeito a técnicas de remoção de elementos, entre os quais os sistemas de saneamento básico, propõe-se o

estudo e a especificação de técnicas e procedimentos que permitam a remoção de materiais e equipamentos constituintes das redes de saneamento básico com o menor dano possível. Para isso seria positivo o acompanhamento de uma obra de Demolição Selectiva / Desconstrução, de modo a conciliar a teoria com a prática, uma vez que se presenciava “in situ” todas as vicissitudes de uma obra com esta complexidade, no que a procedimentos diz respeito.

Seria também de grande interesse desenvolver um programa de investigação de aplicação dos materiais constituintes dos sistemas de saneamento básico removidos no fabrico de novos materiais, nomeadamente destinados à construção. Estes objectivos permitiriam a preservação dos recursos naturais, o aumento do valor dos RCD e consequentemente no aumento dos benefícios económicos obtidos na Demolição Selectiva / Desconstrução através do encaminhamento dos RCD. Anexo a este programa de investigação seria de extrema importância, estimar os custos inerentes de todo o processo desde a remoção dos resíduos até ao fabrico de um novo produto, uma vez que com esta estimativa seria possível do ponto de vista económico incentivar todos os intervenientes em optar por esta solução.

Por fim, um estudo prático pormenorizado dos custos associados à técnica de Demolição Selectiva / Desconstrução seria um aspecto interessante e essencial a desenvolver no futuro, dado que nem sempre os custos ambientais estão devidamente incorporados nos custos reais. Por outro lado, do ponto de vista económico, perceber se não compensaria utilizar esta técnica em detrimento da mais comum, nomeadamente a demolição tradicional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Portaria n.º 209/2004, Lista Europeia de Resíduos, 3 de Março de 2004.
2. Decreto-Lei n.º 178/2006, Regulamento Geral de Gestão de Resíduos, 5 de Setembro de 2006.
3. Decreto-Lei n.º 46/2008, Regime de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, 12 de Março de 2008.
4. Martinho, F. - “Reciclagem de Pavimentos - Estado da Arte, Situação Portuguesa e Selecção do Processo Construtivo”. Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra. Coimbra (Portugal), 2004.
5. Martins, J.G. - "Desmontes e Demolições". Série Materiais (versão provisória) [cited; Available from: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/> (07/11/2010)]
6. Martinho, F. - “A Valorização e Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição (RC&D) em Pavimentos Rodoviários”
7. *"Guia para a Gestão Sustentável de Resíduos Plásticos da Construção e Demolição"*. Projecto APPRICOD. 2006. [cited; Available from: <http://www.acrplus.org/upload/documents/webpage/document150.pdf> (08/11/2010)]
8. Portaria n.º 417/2008, de 11 de Junho. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa [cited; Available from: http://www.aiccopn.pt/upload/Port_417_2008_Guia_de_acompanhamento_transporte_de_RCDs.PDF (13/11/2010)]
9. Russo, C. M. - “Desconstrução de Sistemas Prediais de Águas”. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro (Portugal), 2009.

10. Ferreira, V.M.C.S. *"Sub-Projecto de Reciclagem: 1º Relatório de Progresso"*. AveiroDomus - Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro. Departamento de Engenharia Civil, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro - Universidade de Aveiro. 2006. [cited; Available from:
<http://www.aveirodomus.pt/resources/xFiles/scContentDeployer/docs/Doc206.pdf>
(15/11/2010)]
11. Santos, R. and Martins, J.G. - "Plásticos". Série Materiais, 2ª Edição [cited; Available from: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/> (25/11/2010)]
12. Decreto-Regulamentar nº 23/95, Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, 23 de Agosto de 1995.
13. Afonso, A.S. "Inovação ao Nível da Concepção e do Dimensionamento das Instalações Prediais de Águas e Esgotos. Situação em Portugal" [cited; Available from:
<http://www.anqip.pt/documentos/Inova%C3%A7%C3%A3o%20ao%20n%C3%ADvel%20da%20concep%C3%A7%C3%A3o%20e%20do%20dimensionamento%20das%20instala%C3%A7%C3%B5es%20prediais%20de%20%C3%A1guas%20e%20esgotos.%20Situa%C3%A7%C3%A3o%20em%20Portugal.pdf> (16/01/2011)]
14. Instituto da Água, Folheto a Água em Portugal [cited; Available from: http://www.inag.pt/inag2004/port/quem_somos/pdf/aguaemportugal.pdf (17/01/2011)]
15. Paixão, M. A. – “Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais”. 1ª Edição – Edições Orion - Amadora (Portugal), 1996.
16. Neto, W.Z.G.A. “Infra-estrutura Urbana”. Departamento de Engenharia de Construção Civil - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1997. [cited; Available from: http://pcc2560.pcc.usp.br/Textos_Tecnicos/TT17.pdf (18/01/2011)]

17. Alegre, H. e Covas, D. “Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação”. ERSAR, LNEC e IST – Lisboa (Portugal), 2010 [cited; Available from: <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?FolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao&SubFolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao\PublicacoesIRAR&BookCategoryID=1&BookTypeID=1&Section=MenuPrincipal> (22/01/2011)]

18. Almeida, M.C. “Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais. Uma abordagem centrada na reabilitação”. ERSAR e LNEC – Lisboa (Portugal), 2010 [cited; Available from: <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?FolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao&SubFolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao\PublicacoesIRAR&BookCategoryID=1&BookTypeID=1&Section=MenuPrincipal> (22/01/2011)]

19. Santos, H.M.C.M. “Apontamentos sobre ligas ferrosas”. 2003-2006: Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade do Porto. [cited; Available from: <http://paginas.fe.up.pt/demetwww/disciplinas/lf> (25/01/2011)]

20. Martins, J.G. e Pereira, A.M. - "Metais". Série Materiais, 5ª Edição [cited; Available from: http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Materiais/MCI%20-%20Metais_2010.pdf (24/01/2011)]

21. Imagem de observação microscópia do ferro fundido. [cited; Available from: www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/Ernani_Aulas_09-Redes (24/01/2011)]

22. Imagem de diâmetros comerciais. [cited; Available from: <http://www.saint-gobain-pam.pt/pages/site/produit.asp?provenance=1&idproduit=1146> (24/01/2011)]

23. Esgalhado, H. e Rocha, A. “Materiais Plásticos Para a Construção Civil Características e Tipos de Aplicação”. 2002, Lisboa (Portugal), LNEC.

24. Pipelife, “Catálogo – Ficha Técnica 05 – Processos de Ligação”. [cited; Available from: http://www.pipelife.com/media/pt/catalogs/Ft05_20.pdf (30/01/2011)]
25. Pipelife, “Catálogo – Ficha Técnica 01 – Tubagens em Polietileno”. [cited; Available from: http://www.pipelife.pt/media/pt/catalogs/Ft01_40.pdf (30/01/2011)]
26. Fersil – Freitas & Silva, S.A., “Catálogo – Manual Técnico – “Polietileno nos Sistemas de Distribuição e Drenagem de Águas sob Pressão”. [cited; Available from: <http://www.fersil.com/Default.aspx?ID=68&ShowGroup=GROUP205> (29/01/2011)]
27. Fersil – Freitas & Silva, S.A., “Catálogo – Manual Técnico – “Policloreto de Vinilo Não Plastificado nos Sistemas de Distribuição e Drenagem De Águas sob Pressão”. [cited; Available from: <http://www.fersil.com/Default.aspx?ID=68&ShowGroup=GROUP205> (29/01/2011)]
28. Fersil – Freitas & Silva, S.A., “Catálogo – Manual Técnico – “Duralight – Saneamento e Drenagem”. [cited; Available from: <http://www.fersil.com/Default.aspx?ID=68&ShowGroup=GROUP205> (29/01/2011)]
29. FARCIMAR – Soluções em Pré-Fabricados de Betão S.A., “Catálogo – Soluções em Pré-Fabricados de Betão”. [cited; Available from: <http://www.farcimar.pt/catalogo.html> (04/02/2011)]
30. Decreto-Lei nº 101/2005, Enquadramento jurídico da limitação da colocação no mercado e da utilização de certas substâncias e preparações perigosas, 23 de Junho de 2005.
31. Imagem de tubos em betão. [cited; Available from: <http://www.artigonal.com/negocios-admin-artigos/tubos-de-concreto-confianca-e-infraestrutura-para-obras-4106061.html> (04/02/2011)]

32. Construlink, “Guião Técnico – Tubagens – Ficha Técnica 17”. [cited; Available from: http://www.construlink.com/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_250_cimianto_17_2005_08_20.pdf (29/01/2011)]

33. UNL – FCT, “Apontamentos de Hidráulica Urbana”, [cited; Available from: http://disciplinas.dcea.fct.unl.pt/hidraulica/a_textosapoio/hua/HU-3-3-ADUCAO-TUBOS.pdf (26/01/2011)]

34. Martins, J.G. e Silva, A.P. "Produtos Cerâmicos". Série Materiais, 2ª Edição [cited; Available from: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/> (04/02/2011)]

35. Regulamento Interno dos Serviços Municipais de Águas e Saneamento do Porto [cited; Available from: http://www.aguasdoporto.pt/publico/fs.asp?flash=nao&File=m1_destaq/10_destaq_ues.asp (04/02/2011)]

36. Rocha, A. “Sistemas de Tubagem – Especificações Técnicas”, LNEC – Lisboa (Portugal), 2007 [cited; Available from: <http://www.dgies.min-saude.pt/recursos/seminariotubagens/AdeliaRocha/Apre.ARocha.pdf> (13/02/2011)]

37. Soeiro, A. “Reutilização de Elementos Construtivos na Construção”, FEUP – Porto (Portugal), 2008.

38. Decreto-Lei nº 273/2003, Estabelece as prescrições de segurança e saúde mínimas a observar nos estaleiros da construção civil, 20 de Outubro de 2003.

39. Imagens de Sinalização de Segurança. [cited; Available from: http://www.aman.pt/obrigacao--proibicao/ms_cat_pt_111_3_1_1_2/ (13/03/2011)]

40. Imagens de sinalização de modo a manter o local de trabalho em condições de segurança. [cited; Available from: http://www.aman.pt/obrigacao--proibicao/ms_cat_pt_111_3_1_1_2/ (13/03/2011)]

41. Financiado pela União Europeia, no âmbito do Programa “Crescimento Competitivo e Sustentável” - Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios - Volume III, 1998-2002 [cited; Available from: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4623/1/Sa%C3%ADd_ELIVOL3_2005.pdf (14/03/2011)]
42. Imagem de Contentor aberto para armazenamento de resíduos. [cited; Available from: [http://www.tratris.com/Equipamentos/Industriais/Contentores-Abertos-\(1\).aspx](http://www.tratris.com/Equipamentos/Industriais/Contentores-Abertos-(1).aspx) (20/03/2011)]
43. Imagem de Contentor fechado para armazenamento de resíduos de carregamento lateral [cited; Available from: [http://www.tratris.com/Equipamentos/Industriais/Contentores-Abertos-\(1\)/Polybenne-Especiais-CPE---Fechados-de-carregamento.aspx](http://www.tratris.com/Equipamentos/Industriais/Contentores-Abertos-(1)/Polybenne-Especiais-CPE---Fechados-de-carregamento.aspx) (20/03/2011)]
44. Imagem de Contentor fechado para armazenamento de resíduos de carregamento tardoz [cited; Available from: http://www.containex.pt/pt/contenator-maritimo-novo_20neu.aspx?type=miete (20/03/2011)]
45. Imagem de contentores plásticos fechados de 2 rodas de armazenamento de resíduos. [cited; Available from: http://www.webpack.com.br/templates/158/produto_visualizar_02.jsp?idProduto=86931&idEmpresa=184&idCategoriaPai=2452&idUser=0 (20/03/2011)]
46. Imagem de contentores plásticos fechados de 4 rodas de armazenamento de resíduos. [cited; Available from: [http://www.tratris.com/Equipamentos/Urbanos/Ecomod-\(1\)/Contentores-MGB-4-prodas.aspx](http://www.tratris.com/Equipamentos/Urbanos/Ecomod-(1)/Contentores-MGB-4-prodas.aspx) (20/03/2011)]
47. Imagem de big bag para armazenamento de resíduos. [cited; Available from: <http://www.logismarket.ind.br/big-bags-contentores-flexiveis/1179619076-cp.html> (20/03/2011)]

48. Ângulo, S.C., S.E. Zordan, and V.M. John. "Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil". Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica de São Paulo. [cited; Available from: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20IV_CT206_2001.pdf (26/03/2011)]

49. Alves, C.A. "Algumas Questões Técnicas Sobre um Resíduo em Particular: O Plástico". 2006 [cited; Available from: <http://www.scribd.com/doc/12698622/Sobre-a-Reciclagem-do-Plastico> (26/03/2011)]

50. Letras, M.C., "Reciclagem de Plásticos: Identificação de Contaminantes e Estratégias de Valorização dos Resíduos Industriais", in Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2008, Universidade Nova de Lisboa. [cited; Available from: http://run.unl.pt/bitstream/10362/1398/1/Letras_2008.pdf (30/03/2011)]

51. Spinacé, M.A.D.S. and Paoli, M.A.D. "A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros". Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas 2005 [cited; Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100014 (31/03/2011)]

52. Informação sobre a Marcação de Plásticos em Portugal. [cited; Available from: <http://www.plastval.pt/index.asp?info=reciclagem/identificacao> (06/04/2011)].

53. Matos, A., et al. "Ecofort - Qualidade Preservando a Natureza". Autarquia Educacional do Vale do São Francisco - Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Petrolina - Departamento de Ciências da Administração. 2006. [cited; Available from: <http://www.facape.br/> (13/04/2011)]

54. Sensato, F.R. and Viana, H. "Identificação de Polímeros via Densidade e Combustão". Centro Universitário - Fundação Santo André (Brasil) [cited; Available from: <http://hamiltonviana.net/apost13.pdf> (13/04/2011)]

55. Kipper, L.M., "Acções Estratégicas Sistémicas para a Rede Sustentável de Reciclagem de Plásticos", in Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2005, Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis (Brasil) [cited; Available from: <http://www.sfipec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Teses/Tese1.pdf> (13/04/2011)].
56. Imagem de "Pellets" de plástico. [cited; Available from: <http://spanish.alibaba.com/product-free/recycle-plastic-pellets-110360335.html> (17/04/2011)]
57. "Reciclar PVC Flexível e Rígido - Recovinyl". [cited; Available from: <http://pt.recovinyl.com/docs/portuguese/sortingguide.pdf> (25/04/2011)]
58. Vinil 2010. "Relatório sobre as actividades de 2009". 2010 [cited; Available from: http://www.vinyl2010.org/images/stories/PR_Language_Versions/prog_rep_2010_portuguese.pdf (25/04/2011)]
59. Silva, G.M.M.C., "Metais e Ligas Metálicas. Uma Abordagem Experimental no Secundário", in Departamento de Química. 2007: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. [cited; Available from: http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_050370103.pdf (04/05/2011)]
60. Algarvio, D.A.N., "Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição: Contribuição para Controlo do Processo", in Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2009, Universidade Nova de Lisboa. [cited; Available from: <http://run.unl.pt/handle/10362/2023> (04/05/2011)]
61. Soluções de Triagem de Metais. Tecnologia Varisort. [cited; Available from: http://www.ambiente.pt/brochuras_residuos/sspresentation_pt.pdf (04/05/2011)]
62. Ambigroup. Informação sobre Reciclagem de Metais. Recifemetal. [cited; Available from:

http://www.ambigroup.com/recifemetal/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=81 (04/05/2011)]

63. Gonçalves, P.C.M., “Betão com Agregados Reciclados. Análise Comentada da Legislação Existente”, in Instituto Superior Técnico. 2007, Universidade técnica de Lisboa. [cited; Available from: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/144861/1/DISSERTACAO.pdf> (06/05/2011)]
64. Oliveira, M. and Duarte, M., “Reaproveitamento de Inertes para o fabrico de um novo Betão – Uma Abordagem”, in Instituto Superior de Engenharia. Universidade do Algarve. [cited; Available from: http://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/47/1/14_30.pdf (06/05/2011)]
65. Pereira, L.H., Jalali, S. and Aguiar, B., “Viabilidade Económica de uma Central de Tratamento de Resíduos de Construção e Demolição”, in Departamento de Engenharia Civil. Universidade do Minho. [cited; Available from: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2596/1/Beja_BA.pdf (06/05/2011)]
66. Ambigroup. Informação sobre Remoção de Amianto. Recifemetal. [cited; Available from: http://www.ambigroup.com/recifemetal/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=96 (07/05/2011)]
67. Informação sobre a Técnica de Plasma Pirólise. [cited; Available from: <http://paginas.fe.up.pt/~jotace/gtresiduos/plasmapirolise.htm> (07/05/2011)]
68. Couto, A.B., J.P. Couto, and J.C. Teixeira. "Desconstrução uma Ferramenta para a Sustentabilidade da Construção". Nutau 2006; São Paulo. 2006. [cited; Available from: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6792/1/095NUTAU.pdf> (10/05/2011)]

69. Leal, N.A.S.C., “Construção Sustentável”, in Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2006, Universidade Fernando Pessoa. [cited; Available from: <https://bdigital.ufp.pt/dspace/bitstream/10284/1193/3/Monografia.pdf> (10/05/2011)]
70. Córias, V., “Reabilitação: a melhor via para a construção sustentável”. 2007, Lisboa. [cited; Available from: http://www.bancaeambiente.org/pdf/workshop1/Reab_Sustent1.pdf (10/05/2011)]
71. “Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal”, Vol. 1. ERSAR – Lisboa (Portugal), 2010 [cited; Available from: <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?FolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao&SubFolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao\PublicacoesIRAR&BookCategoryID=1&BookTypeID=3&Section=MenuPrincipal> (25/01/2011)]

ANEXOS

ANEXO I.1 – Capítulo 17 da LER

Capítulo	17	Resíduos de Construção e Demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)
Subcapítulo	17 01	Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos:
Código	17 01 01 17 01 02 17 01 03 17 01 06 (*) 17 01 07	Betão. Tijolos. Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos. Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos contendo substâncias perigosas. Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06.
Subcapítulo	17 02	Madeira, vidro e plástico:
Código	17 02 01 17 02 02 17 02 03 17 02 04 (*)	Madeira. Vidro. Plástico. Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas.
Subcapítulo	17 03	Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão:
Código	17 03 01(*) 17 03 02 17 03 03 (*)	Misturas betuminosas contendo alcatrão. Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01. Alcatrão e produtos de alcatrão.
Subcapítulo	17 04	Metais (incluindo ligas):
Código	17 04 01 17 04 02 17 04 03 17 04 04 17 04 05 17 04 06 17 04 07 17 04 09 (*) 17 04 10 (*) 17 04 11	Cobre, bronze e latão. Alumínio. Chumbo. Zinco. Ferro e aço. Estanho. Mistura de metais. Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas. Cabos contendo hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas. Cabos não abrangidos em 17 04 10.
Subcapítulo	17 05	Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem:
Código	17 05 03 (*) 17 05 04 17 05 05 17 05 06 17 05 07 (*) 17 04 08	Solos e rochas contendo substâncias perigosas. Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03. Lamas de dragagem contendo substâncias perigosas. Lamas de dragagem não abrangidas em 17 05 05. Balastros de linhas de caminho de ferro contendo substâncias perigosas. Balastros de linhas de caminho de ferro não abrangidos em 17 05 07.
Subcapítulo	17 06	Materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto:
Código	17 06 01 (*) 17 06 03 (*) 17 06 04 17 06 05 (*)	Materiais de isolamento contendo amianto. Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas. Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03.

		Materiais de construção contendo amianto (4).
Subcapítulo	17 08	Materiais de construção à base de gesso:
Código	17 08 01 (*) 17 08 02	Materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas. Materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01.
Subcapítulo	17 09	Outros resíduos de construção e demolição:
Código	17 09 01 (*) 17 09 02 (*) 17 09 03 (*) 17 09 04	Resíduos de construção e demolição contendo mercúrio. Resíduos de construção e demolição contendo PCB (por exemplo, vedantes com PCB, revestimentos de piso à base de resinas com PCB, envidraçados vedados contendo PCB, condensadores com PCB). Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas. Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03.

ANEXO I.2 – Guias de Transporte para os RCD provenientes de um único produtor/detentor

I - Identificação do transportador

Nome:		Morada:	
Localidade:		Concelho:	
Código Postal:	CAE:	NIF:	
Tel.:	Fax.:	E-mail	
Matrícula do Camião ou Tractor:		Matrícula do Reboque ou Semi-Reboque:	

Data: / /

Assinatura do Motorista:

II – Identificação da obra

Nome:		
Morada:		
Alvará nº:	Localidade:	Concelho:
Código Postal:	Tel.:	Fax.:

III – Identificação do Produtor ou detentor

Nome:		
Morada:		Localidade:
Concelho:	Alvará ou Título de registo do InCI:	
Código Postal:	Tel.:	Fax.:

IV - Classificação* e quantificação dos RCD e identificação do respectivo destinatário

Movimentos	Código LER	Quantidade (t ou m³)	Destinatário	Assinatura do Destinatário
1				
2				
3				

* De acordo com a Portaria nº 209/2004, de 3 de Março (Lista Europeia de Resíduos)

ANEXO I.3 – Guias de Transporte para os RCD provenientes de mais de um produtor/detentor

I - Identificação do transportador

Nome:		
Morada:		
Localidade:		Concelho:
Código Postal:	CAE:	NIF:
Tel.:	Fax.:	E-mail:
Matrícula do Camião ou Tractor:		Matrícula do Reboque ou Semi-Reboque:

Data: / /

Assinatura do Motorista:

II – Identificação da obra

Nome:		
Morada:		
Alvará nº:	Localidade:	Concelho:
Código Postal:	Tel.:	Fax.:

III – Classificação* e quantificação do resíduo, identificação do produtor/detentor e respectivo destinatário

Movimentos	ID Produtor ou Detentor	Código LER	Quantidade (t ou m³)	Destinatário	Assinatura do Destinatário
1	Nome:				
	Alvará ou Título de registo do InCI:				
	Morada:				
	Localidade:				
	Código Postal:				
	Tel.:				
	Fax.:				
2	Nome:				
	Alvará ou Título de registo do InCI:				
	Morada:				
	Localidade:				
	Código Postal:				
	Tel.:				
	Fax.:				
3	Nome:				
	Alvará ou Título de Registo do InCI:				
	Morada:				
	Localidade:				
	Código Postal:				
	Tel.:				
	Fax.:				

* De acordo com a Portaria nº 209/2004, de 3 de Março (Lista Europeia de Resíduos)

ANEXO II – Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de RCD

Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição referido no Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março.

MODELO DO PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (PPG)

I. Dados gerais da entidade responsável pela obra							
a) Nome							
b) Morada, Localidade, Código Postal, Freguesia, Concelho							
c) Telefone, Fax, E-Mail							
d) Número Identificação Pessoa Colectiva (NIPC)							
e) CAE Principal Rev3							

II. Dados gerais da obra							
a) Tipo de obra (construção/demolição de estrada, ponte, edifício...)							
b) Código do CPV							
c) Nº de processo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA)							
d) Identificação do local de implantação							

III. Resíduos de Construção e Demolição (RCD)							
1. Caracterização da obra							
a) Caracterização sumária da obra a efectuar							
b) Descrição sucinta dos métodos construtivos a utilizar tendo em vista os princípios referidos no artº 2º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março							
2. Incorporação de reciclados							
a) Metodologia para a incorporação de reciclados de RCD							
b) Reciclados de RCD integrados na obra							
Identificação dos reciclados	Quantidade integrada na obra (t ou m³)			Quantidade integrada relativamente ao total de materiais usados (%)			
Valor total							
3. Prevenção de resíduos							
a) Metodologia de prevenção de RCD							
b) Materiais a reutilizar em obra							
Identificação dos materiais	Quantidade a reutilizar (t ou m³)			Quantidade a reutilizar relativamente ao total de materiais usados (%)			
Valor total							
4. Acondicionamento e triagem							
a) Referência aos métodos de acondicionamento e triagem de RCD na obra ou em local afecto à mesma							
b) Caso a triagem não esteja prevista, apresentação da fundamentação para a sua impossibilidade							
5. Produção de RCD							
Código LER	Quantidades produzidas (t ou m³)	Quantidade para reciclagem (%)	Operação de reciclagem	Quantidade para valorização (%)	Operação de valorização	Quantidade para eliminação (%)	Operação de eliminação
Total							

ANEXO III – Folhas de Inventariação

<i>Logótipo da Entidade Executante</i>	Dono de Obra:		Data:
	Obra:		___/___/___
	Entidade Executante:		

Folha de Inventariação para os Materiais				
Localização	Identificação do Material	Identificação pela LER	Quantidade Aproximada	N.º do Contentor a depositar

Responsável:		Página ___ de ___
Supervisor:		

<i>Logótipo da Entidade Executante</i>	Dono de Obra:		Data:
	Obra:		___/___/___
	Entidade Executante:		

Folha de Inventariação para os Equipamentos				
Localização	Identificação do Equipamento	Registo Fotográfico	Descrição	Destino final (Reutilizar-RT; Reciclar-RC)

Responsável:		Página ___ de ___
Supervisor:		